

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 07-212347

(43)Date of publication of application : 11.08.1995

(51)Int.Cl.

H04J 14/00

H04J 14/02

H04B 10/20

H04L 12/40

(21)Application number : 07-010202

(71)Applicant : HITACHI LTD

BRITISH TELECOMMUN PLC <BT>

(22)Date of filing : 25.01.1995

(72)Inventor : TSUSHIMA HIDEAKI

BARNESLEY PETER E

MCGUIRE ALAN

(30)Priority

Priority number : 94 9401488

Priority date : 26.01.1994

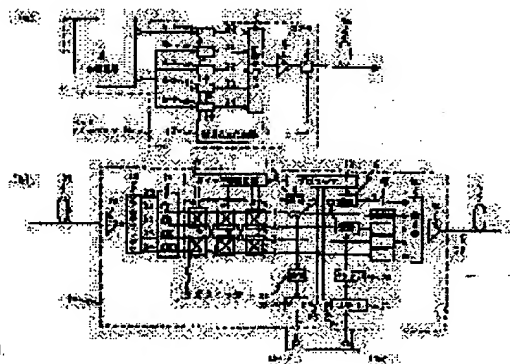
Priority country : GB

(54) WAVELENGTH DIVISION OPTICAL COMMUNICATION SYSTEM

(57)Abstract:

PURPOSE: To simplify an optical transmitter without limiting the number of stations to the number of wavelengths in use by transmitting signals having a wavelength selected out of a plurality of simultaneously available signaling wavelengths.

CONSTITUTION: A head station 2 has laser diodes 6-0 to 6-4 which generate continuous lights having wavelengths λ_0 to λ_4 . The wavelength λ_0 is used for signaling control signals and the wavelengths λ_1 to λ_4 are used for data transmission. A coupling device 7 combines the wavelengths and supplies the combined wavelength to a terminal station (1m) through an amplifier 8, an optical coupler 9, and an optical fiber (3m). A receiver 17 receives the wavelength λ_0 , converts the wavelength into an electric signal, and transmits signals corrected to the wavelength λ_0 from a laser diode 19 through a processor 18. A processor 18 adds the corrected signals to latest-received data to indicate that a packet from a station 1m to another station 1n is transmitted with the wavelength λ_3 in the next time slot and the wavelength λ_3 is not vacant.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平 7-212347

(43) 公開日 平成7年(1995)8月11日

(51) Int. Cl. ⁶

識別記号

庁内整理番号

F I

技術表示箇所

H O 4 J 14/00

14/02

H O 4 B 10/20

9372-5 K

H O 4 B 9/00

E

9372-5 K

N

審査請求 未請求 請求項の数 4 5

O L

(全 2 8 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願平7-10202

(22) 出願日 平成7年(1995)1月25日

(31) 優先権主張番号 9401488.3

(32) 優先日 1994年1月26日

(33) 優先権主張国 イギリス (GB)

(71) 出願人 000005108

株式会社日立製作所

東京都千代田区神田駿河台四丁目6番地

(71) 出願人 390028587

ブリティッシュ・テレコミュニケーションズ・パブリック・リミテッド・カンパニー

BRITISH TELECOMMUNICATIONS PUBLIC LIMITED COMPANY

イギリス国, イーシー1イー・7イー ジェイ, ロンドン, ニューゲート・ストリート

81

イギリス国, イーシー1イー・7イー ジェイ, ロンドン, ニューゲート・ストリート

81

イギリス国, イーシー1イー・7イー ジェイ, ロンドン, ニューゲート・ストリート

81

(74) 代理人 弁理士 富田 和子

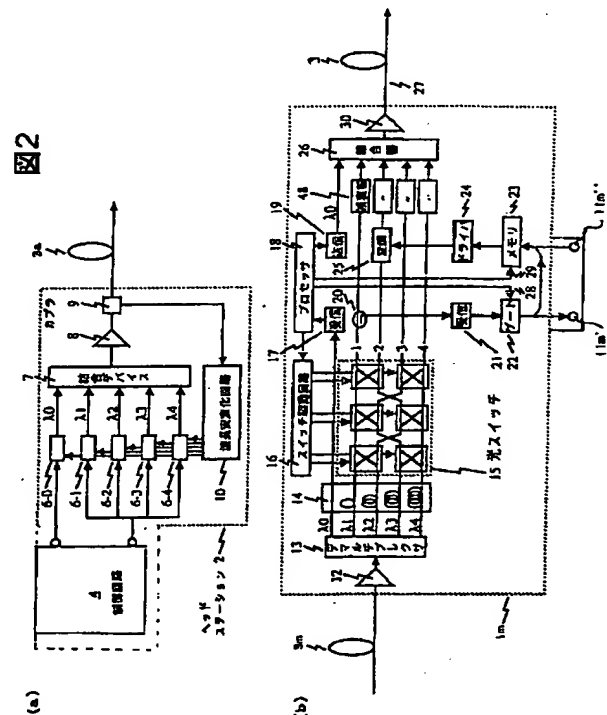
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 波長多重光通信システム

(57) 【要約】

【目的】 使用する波長の数によりステーションの個数が制限されず各ステーションの光送信装置の複雑さが軽減される波長分割多重通信システムを提供する。

【構成】 ヘッドステーション2はCW変調波長 $\lambda_1 \sim \lambda_k$ とシグナリング波長 λ_0 を送信する。波長 λ_0 は、各タイムスロットにおいて、後続のタイムスロット内での波長が送信に利用できるかを示す。各ステーション1は、波長 λ_0 に基づいて次のタイムスロット内に自己宛のパケットが含まれているを判定し、そうであればそのパケットを受信する。各ステーション1は、送信すべきパケットを有するとき、波長 λ_0 に基づいて、次のタイムスロットがその送信先宛のパケットを既に含んでいるかを判断し、含んでいれば衝突回避のために自己のパケットの送信を行わない。ステーション1は、その後、波長 λ_0 から空き波長 λ_f を求め、その波長を送信データパケットで変調し、波長 λ_0 を修正する。



【特許請求の範囲】

【請求項1】複数のデータ伝送波長を用いる光通信システム用の端末ステーション(1)であって、空きデータ伝送波長(λf)上にデータ信号を送信する送信手段(18, 25)と、前記空きデータ伝送波長を示す制御信号($\lambda 0$)を受信する受信手段(13, 17)とを備える端末ステーション。

【請求項2】請求項1記載のステーションにおいて、前記受信手段は受信されたデータ信号から制御信号波長($\lambda 0$)を分離する手段(13)を有するステーション。

【請求項3】請求項1または2記載のステーションにおいて、前記送信手段(25)は、予め定められた幅の時間区間内にデータを送信するように構成され、ある時間区間内に受信された制御信号($\lambda 0$)を用いて、次の時間区間内にデータを載せて送信する波長(λf)を制御するステーション。

【請求項4】請求項1～3のいずれかに記載のステーションにおいて、前記受信手段(18)は、前記空き波長(λf)の情報を、空き状態でない他のデータ伝送波長($\lambda 1 \sim \lambda k$)の情報を受信することにより、導き出すよう構成されたステーション。

【請求項5】請求項1～4のいずれかに記載のステーションにおいて、前記空きデータ伝送波長(λf)上での該ステーションによる送信を示す修正した制御信号($\lambda 0$)を送信する手段(19)をさらに備えるステーション。

【請求項6】請求項5記載のステーションにおいて、前記制御信号送信手段は光発生器(19)を有するステーション。

【請求項7】請求項5記載のステーションにおいて、前記制御信号送信手段は光変調器(49)を有するステーション。

【請求項8】請求項1～7のいずれかに記載のステーションにおいて、前記受信手段(13, 17)に接続された制御手段(18)をさらに有し、該受信手段および制御手段は、前記制御信号($\lambda 0$)から、データ伝送波長($\lambda 1 \sim \lambda k$)上のデータ信号の送信先を示すデータを読みとるよう構成され、前記制御手段は、さらに、当該ステーションが前記送信手段(18, 25)により送信すべきデータを有するとき、前記送信手段(18, 25)を制御して前記データ伝送波長($\lambda 1 \sim \lambda k$)上の前記データとの衝突を回避するよう構成されたステーション。

【請求項9】複数のデータ伝送波長($\lambda 1 \sim \lambda k$)を用いる光通信システム用の端末ステーション(1)であって、該端末ステーションは、1つのデータ伝送波長(λf)上にデータ信号を送信する手段(25)と、複数のデータ伝送波長($\lambda 1 \sim \lambda k$)の中から前記1つのデータ伝送波長(λf)を選択する手段(18)とを備え、

さらに、前記ステーションは、システム内の複数の他の端末ステーション(1)により受信可能な共通シグナリング(signalling)チャネル($\lambda 0$)上に前記データ信号の送信先を示す制御信号を送信する手段(19)を備えることを特徴とするステーション。

【請求項10】請求項9記載のステーションにおいて、前記共通シグナリングチャネルは、前記送信手段(25)が前記データ信号を送信するために用いるデータ伝送波長($\lambda 1 \sim \lambda k$)とは異なるシグナリング波長($\lambda 0$)上に存在するステーション。

【請求項11】請求項10記載のステーションにおいて、前記制御信号送信手段(19)は、前記送信手段(25)によりデータ信号がどのデータ伝送波長上で送信されるべきかを示す制御信号を送信するよう構成されたステーション。

【請求項12】請求項9～11のいずれかに記載のステーションにおいて、前記制御信号送信手段は光発生器(19)を有するステーション。

【請求項13】請求項9～11のいずれかに記載のステーションにおいて、前記制御信号送信手段は、受信された制御信号($\lambda 0$)を前記共通チャネル上で変調する変調器(49)を有するステーション。

【請求項14】複数のデータ伝送波長($\lambda 1 \sim \lambda k$)を用いる光通信システム用の端末ステーション(1)であって、該ステーションは、データ伝送波長上のデータ信号の送信先を示す、制御チャネル($\lambda 0$)上の制御信号を受信する手段(13, 17)と、前記端末ステーション(1)が前記データ信号の送信先であるか否かを前記制御信号から決定する制御手段(18)と、該制御手段(18)に応答して前記複数のデータ伝送波長($\lambda 1 \sim \lambda k$)の選択した1つ(λg)を読みとるデータ受信手段(20, 21, 22)とを備え、前記端末ステーションは請求項9～13のいずれかの端末ステーションからのデータ信号を受信することができる端末ステーション。

【請求項15】請求項14記載のステーションにおいて、前記制御チャネルは、前記データ伝送波長($\lambda 1 \sim \lambda k$)のいずれとも異なるシグナリング波長($\lambda 0$)上に存在するステーション。

【請求項16】複数のデータ伝送波長($\lambda 1 \sim \lambda k$)を用いる光通信システム用の端末ステーション(1)であって、前記データ伝送波長の少なくとも1つ(但しすべてではない)上にデータを同時に送信するデータ送信手段(25)を備えたものにおいて、波長多重入力から前記データ伝送波長を空間的に分離して空間的に別個の複数の波長経路を生成する手段(13)と、前記データ送信手段(25)を選択的に前記複数の波長経路の1つに結合する経路決定手段(15)と、前記データ送信手段(25)の出力を他の波長と再結合する結合手段(26)とを備えたことを特徴とする端末ステーション。

【請求項 17】請求項 16 記載のステーションにおいて、前記データ送信手段（25）は、受信した光信号を変調する少なくとも 1 つの変調器（25）を有するステーション。

【請求項 18】複数のデータ伝送波長（ $\lambda_1 \sim \lambda_k$ ）を用いる光通信システム用の端末ステーション（1）であって、前記データ伝送波長の少なくとも 1 つ（但しすべてではない）上のデータを同時に受信するデータ受信手段（20）を備えたものにおいて、波長多重入力から前記データ伝送波長を空間的に分離して空間的に別個の複数の波長経路を生成する分離手段（13）と、前記データ受信手段（20）を選択的に前記複数の波長経路の 1 つに結合する経路決定手段（15）と、前記データ受信手段（20）の出力を他の波長と再結合する結合手段（26）とを備えたことを特徴とする端末ステーション。

【請求項 19】請求項 16～18 のいずれかに記載のステーションにおいて、前記分離手段は波長デマルチプレクサ（13）を有するステーション。

【請求項 20】請求項 16～19 のいずれかに記載のステーションにおいて、前記経路決定手段は、光空間スイッチ（15）を有するステーション。

【請求項 21】請求項 20 記載のステーションにおいて、前記光空間スイッチ（15）は、 $K \times K$ ノンブロッキングスイッチ（ K はステーション（1）で利用可能なデータ伝送波長の数）を有するステーション。

【請求項 22】請求項 20 記載のステーションにおいて、前記光スイッチ（15）は、 K 個の入力ポートと K 個より多い出力ポート（ K は当該ステーションで利用可能なデータ伝送波長の数）を有し、前記端末ステーションがデータを送信または受信していないとき、すべての前記データ伝送波長をして前記データ送信手段または受信手段（20、25）を迂回（バイパス）せしめることができるよう構成されているステーション。

【請求項 23】請求項 1～15 のいずれかに記載のステーションにおいて、波長マルチプレクスされた光信号を受信し該信号を前記データ伝送波長毎に異なる複数の経路に空間的に分離する手段（13）と、該異なるデータ伝送波長を含む分離された経路を再結合して波長マルチプレクスされた光出力信号を生成する手段（26）とをさらに備えるステーション。

【請求項 24】請求項 23 記載のステーションにおいて、各データ伝送波長が従う経路は、前記分離手段（13）と前記結合手段（26）との間で直結されかつ不均衡であり、前記データ送信手段（25）及び前記データ受信手段（20）の少なくとも一方が前記経路の各々上に配置され、前記データ送信手段および／または前記データ受信手段（20、25）を選択的に作動させる制御手段（18）を備えたステーション。

【請求項 25】請求項 24 記載のステーションにおい

て、前記波長結合手段は波長マルチプレクサデバイス（26）を有するステーション。

【請求項 26】請求項 25 記載のステーションにおいて、前記波長マルチプレクサデバイス（26）は回折格子デバイスであるステーション。

【請求項 27】請求項 1～15 のいずれかに記載のステーションにおいて、前記データ伝送波長（ $\lambda_1 \sim \lambda_k$ ）の 1 つを分離する調整可能な光フィルタ（37、38）をさらに備えるステーション。

10 【請求項 28】複数のデータ伝送波長（ $\lambda_1 \sim \lambda_k$ ）を用いる光通信システム用の端末ステーション（1）であって、システムの一部の色分散特性により前記複数のデータ伝送波長に生じる遅延差を補償する分散補償器（14）を備え、前記複数のデータ伝送波長の時間合わせを行うステーション。

【請求項 29】請求項 28 記載のステーションにおいて、前記データ伝送波長（ $\lambda_1 \sim \lambda_k$ ）を空間的に分離する手段（13）を更に備え、前記補償手段（14）は前記分離されたデータ伝送波長を時間合わせするよう設定された複数の遅延差を有するステーション。

20 【請求項 30】請求項 28 記載のステーションにおいて、前記補償器は、前記システムの前記一部の色分散特性と逆の色分散特性を有する媒体（35）を有するステーション。

【請求項 31】請求項 1～30 のいずれかに記載の複数の端末ステーション（1）と、ヘッドステーション（2）と、該ヘッドステーションと前記複数の端末ステーション（1）とを相互接続する光通信チャネル（3）とを備える波長多重光データ伝送システム。

30 【請求項 32】ヘッドステーション（2）と、複数の端末ステーション（1）と、前記ヘッドステーション（2）と前記複数の端末ステーション（1）とを相互接続する光通信経路（3）とを備え、異なる前記端末ステーション同士は、予め定められた複数のデータ伝送波長（ $\lambda_1 \sim \lambda_k$ ）の異なる波長上で通信を行う波長多重光通信システムであって、該システムは、端末ステーション（1）が制御データを交換できる共通のシグナリングチャネルを有することを特徴とする波長多重光通信システム。

40 【請求項 33】請求項 32 記載のシステムにおいて、前記共通シグナリングチャネルは、データ伝送波長としていずれの端末ステーション（1）にも用いられないシグナリング波長（ λ_0 ）を有するシステム。

【請求項 34】請求項 32 または 33 に記載のシステムにおいて、前記ヘッドステーション（2）はデータ伝送波長（ $\lambda_1 \sim \lambda_k$ ）上に CW 信号を送信するよう構成され、前記端末ステーション（1）は前記データ伝送波長を変調する変調器（25）を有するシステム。

50 【請求項 35】データ伝送波長（ $\lambda_1 \sim \lambda_k$ ）の使用の調停を行うために別個のシグナリング波長（ λ_0 ）を用

いるWDM通信システム。

【請求項36】請求項31～35のいずれかに記載のシステムにおいて、前記ヘッドステーション(2)及び前記端末ステーション(1)はバス構造により接続されるシステム。

【請求項37】請求項36記載のシステムにおいて、前記バスは前記ヘッドステーション(2)によりループ状に接続されるシステム。

【請求項38】請求項36または37に記載のシステムにおいて、前記バス上の異なる点において複数のヘッドステーション(102a, 102b)を設け、該複数のヘッドステーションがデータ伝送波長($\lambda_1 \sim \lambda_k$)のうちの異なる波長の組み合わせ(サブセット)を発生するシステム。

【請求項39】請求項36～38のいずれかに記載のシステムにおいて、二重バス構成をとり、各々第1及び第2の端末ステーションを有する複数の端末ノード(101a～101n)を備え、該端末ノードの第1の端末ステーションは、第1の方向に信号を送送する第1のバス(103a)に接続され、前記端末ノードの第2の端末ステーションは、逆の方向に信号を送送する第2のバス(103b)に接続されたシステム。

【請求項40】請求項39記載のシステムにおいて、前記二重バスは二重ループ構造に接続されたシステム。

【請求項41】請求項40記載のシステムにおいて、前記データ伝送波長($\lambda_1 \sim \lambda_k$)を発生する単一のヘッドステーション(2)を設けるとともに、該ヘッドステーション(2)の出力を前記バス(103a, 103b)の各々の入力へ分離する手段(40)を設けたシステム。

【請求項42】波長多重光通信システムであって、逆方向にデータを搬送する1対の光通信経路(103a, 103b)によりリング状に相互接続された複数の端末ステーション(101)と、少なくとも1つのヘッドステーション(2)とを備え、該ヘッドステーション(2)は複数のデータ伝送波長($\lambda_1 \sim \lambda_k$)で光信号を発生し、前記各端末ステーション(101)はデータ信号を搬送するために前記データ伝送波長を変調し、かつ、前記各端末ステーションは前記経路(103a, 103b)を相互接続する手段を有し、これにより前記システムはシステムまたは部品の故障時に単一の連続バスとして動作可能である波長多重光通信システム。

【請求項43】請求項31～42のいずれかに記載のシステム用のヘッドステーション(2)。

【請求項44】複数のデータ伝送波長($\lambda_1 \sim \lambda_k$)をデータ伝送に利用可能であり、かつ、端末ステーションが前記データ伝送波長($\lambda_1 \sim \lambda_k$)の1つを選択する光波長分割多重通信方法であって、空きデータ伝送波長を示す制御データを伝送すること、および、前記端末ステーションにおいて前記制御データに基づいて1つのデ

ータ伝送波長を選択すること、を特徴とする光波長分割多重通信方法。

【請求項45】端末装置間のデータ伝送に複数のデータ伝送波長($\lambda_1 \sim \lambda_k$)を用いる波長分割多重光通信方法であって、すべての端末装置が応答する共通のシグナリングチャネル(λ_0)が、各データ伝送波長($\lambda_1 \sim \lambda_k$)の送信先を示すことを特徴とする波長分割多重光通信方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、光(光学的)通信システム、および、そのようなシステムの一部を構成する端末装置に関する。特に、本発明は、光経路(特に、光ファイバケーブル、ただしこれに限定するものではない)により相互に接続された複数の端末を有し、複数の同時利用可能なシグナリング波長の中から選択した波長を用いて信号伝達するよう構成された光通信システムに関する。

【0002】

【従来の技術】光通信システムは、ローカルエリアネットワーク(LAN)あるいはメトロポリタンネットワーク(MAN)のような、ステーション間で大量のデータを通信すべき用途に適している。このようなネットワークを提供するのに、ネットワークステーションを相互接続する光ファイバケーブルを用い、かつ、波長分割多重(WDM: Wavelength division multiplexing)により複数の波長の中から選択した波長で信号伝達を行うことは公知である。

【0003】このようなシステムの一例、とりわけこのようなシステムのための端末ステーションは、1993年9月12～16日開催の第19回光通信に関するヨーロッパ会議(ECOC'93: European Conference on optical communication)の議事録Vol. 2、論文Tup 4.

4、第121～124頁、アイ・クラムテック(I Chlarmtec)らによる“A Multi-Gbit/s WDM Optical Packet Network with Physical Ring Topology and Multi-subcarrier Header Encoding (物理リングトポロジーおよびマルチサブキャリア・ヘッダ・エンコーディングを用いたマルチギガビット/秒波長分割多重光パケットネットワーク)”に記載されている。ここに記載のシステムで

は、各端末ステーションは、単一の個別周波数(システム内の他のすべてのステーションの他のいずれのレーザの周波数とも異なる)で動作するよう調整(tune)されたレーザと、単一の個別サブキャリア周波数(システム内の他のすべてのステーションのいずれの受信器の周波数とも異なる)で動作するよう調整されたサブキャリア受信器と、選択的に複数の送信器(トランスミッタ)波長のいずれかに調整することができる調整可能波長選択器(セレクタ)とを有する。全ステーションは、単一の光ファイバケーブルにより接続される。データは、すべ

て予め定めた長さを有するパケットの形で伝送される。ステーションが1つのパケットを送信しようとするとき、そのパケットの送信先のステーションのサブキャリアに載せてヘッダを送信し、次にそれ自身のレーザダイオードを用いてその伝送波長でデータを送信する。この出力がファイバに結合される。送信先ステーションでは、サブキャリア上のヘッダが検出される。ヘッダは、送信ステーションを示す情報すなわち伝送波長を示す情報を含んでおり、これを利用して波長セクタが正しい受信周波数に調整され、この波長セクタを介してパケットが受信される（“ドロップされる”）。

【0004】光ファイバ（あるいは一般的に光経路）の広帯域性のため、この種の波長多重システムを用いて、各々、高データレートで動作するある程度多数のステーションを設けることができる。

【0005】さらに、各ステーションはそれ自身の伝送波長を有するので、同一波長上では、異なるステーションからのデータが衝突する可能性がない。

【0006】しかし、このシステムは、いくつかの欠点を有する。すなわち、まず、このシステムでは、すべてのステーションが異なる伝送周波数を有する必要があり、このことは、異なる周波数の多数の固定周波数レーザダイオードを製作するか、あるいはすべてのステーションにおいて調整できるレーザを設ける（これは、波長間のクロストークを避けるために各ステーションに高精度の波長安定化装置を要する）ことを意味する。同様のことが、各ステーションの個別サブキャリア受信器の必要性についても言える。結局、ステーションの総数は、利用できる波長（および/またはサブキャリア）の総数により制限される。

【0007】EP（欧州特許）0452895は、光ファイバケーブルで相互に接続された光ネットワークシステムを開示している。その第1の実施例では、基本ステーションが複数の異なる波長を送信する。第1の波長可変フィルタは、空き波長を見つけるためにすべての波長を絶えず走査（スキャン）する。空き波長が見つかったとき、第1の波長可変フィルタの現在のセッティングを用いて、空き波長を抽出する第2の波長可変フィルタをセットする。この抽出された空き波長は光変調器により変調され、マルチプレクサ内で他の波長と再結合される。変調器により送信される最初の部分は、そのデータの送信先ステーションを示す情報である。したがって、すべてのステーションもまた、データがそれらのステーションに向けられたことを示すヘッダを見つけるために、すべての波長を走査する。そのようなヘッダが見つかったとき、第2の波長可変フィルタはそのヘッダが現れた波長にセットされ、後続のデータが光検出器により復調される。

【0008】第2の実施例では、データの受信方法は第1の実施例と同じであるが、ステーションからのデータ

の送信方法が異なる。すなわち、抽出された空き波長を変調するための1つの光変調器を用いる代わりに、2つのレーザダイオードを用いて空き波長を生成する。これらの空き波長は複数の光変調器およびマルチプレクサにより光ファイバ上の信号へ変調される。前述と同様に、波長可変フィルタは空き波長を探すために利用可能な波長群を掃引（sweep）し、両レーザダイオードはその空き波長または各々の空き波長にセットされる。これらのレーザダイオードは、基本ステーションからの基準波長の送信により安定化される。この基準波長は、独立した波長可変フィルタにより抽出され、各ステーションでレーザダイオードの制御に使用される。

【0009】このようにして、両実施例では、各ステーションが異なる伝送周波数及び異なる受信周波数を持つ必要性を回避し、ひいては、各ステーションにおける多数個のレーザダイオードまたは温度安定化の必要性を回避している（但し、第2の実施例ではある種の波長安定化回路を要する）。

【0010】

【発明が解決しようとする課題】しかし、これは最初に説明した（クラムタックの）システムの大きな利点（すなわちデータの衝突が生じないこと）の犠牲の下に達成されるものである。EP0452895のシステムでは、すべてのステーションが、データを送信するために空き周波数を同時に走査するので、衝突が生じやすい。よって、いくつかのステーションが同じ波長についてそれが空き波長であることを同時に検出し、同時にデータを送信しようとする可能性がある。この場合、その波長上に送信されるすべてのデータは無意味になってしまう。そのため、EP0452895は、キャリアセンス多重アクセス/衝突検出（CSMA/CD）として知られている送信プロトコルを用いることを提案している。このプロトコルでは、ステーションはデータの衝突を検出し、再送信を試みる。しかし、この場合、その再送信自体が衝突するので衝突が反復して発生する可能性がある。いずれにせよ、データ送信の遅延が発生し、かつ、衝突プロトコルの制御を行うためのさらに複雑な回路を必要とする。

【0011】しかも、各ステーションは、そのステーションのためのデータが送信される波長を決定するために、すべての周波数を絶えず走査しなければならないので、送信レートは、波長可変フィルタの走査レートおよび走査すべき波長の個数により制限される。なぜなら、送信先を示すヘッダが途中までしか走査されない場合、受信ステーションはその送信先を正しく認識しない可能性があり、よってその信号も認識されない可能性があるからである。この理由により、システムで採用される送信速度あるいは波長数が増加するにつれて、ある種の確認信号生成および対応するデータ再送信の必要性が増大すると思われる。

【0012】本発明の目的は、使用する波長の数によりステーションの個数が制限されず、かつ、各ステーションの光送信装置の複雑さが軽減される波長多重通信ネットワークおよびそのステーションを提供することにある。

【0013】本発明の他の目的は、送信するデータの衝突を実質的に回避することができる波長多重通信ネットワークおよびそのステーションを提供することにある。

【0014】本発明の更に他の目的は、ステーションが複数の波長のうちの利用できるすべての波長を絶えず走査する必要はなく、また、個別に調整されたサブキャリア受信器を有する必要もない、構成が簡略化された波長多重通信ネットワーク及びそのステーションを提供することにある。

【0015】

【課題を解決するための手段】本発明は、ステーションが空き波長を示す信号を受信する手段と、その空き波長を用いてデータを送信する手段とを有する波長分割多重送信システムを提供するものである。空き波長を示す信号は、システム内のすべてのステーションにより受信される予め定められた独立の波長で送信される。この波長は、ステーションによるデータの送信に利用してもよいし、しなくてもよい。好ましくは、空きチャネルは、そのチャネルが他のステーションからのデータを含んでいることを示す信号がないことにより示される。また好ましくは、ステーションは、その波長が空きでなくなったことを示す手段を有する。これは、例えばその旨を示す信号（例えばそのチャネルがメッセージを含んでいることを示す信号）を送信することにより行う。このように、使用する波長の数によりステーションの個数が制限されず、かつ、各ステーションの光送信装置の複雑さが軽減される波長多重通信ネットワークを提供することが可能である。同時に、決定論的に（deterministic fashion）で通信が行われ、衝突を実質的に回避することができる。

【0016】また、全ステーションにより受信可能な共通シグナリングチャネル（例えば波長）が存在し、各ステーションが複数の波長の中から選択された波長でデータを送信するよう構成され、かつ、各ステーションが前記共通チャネルでそのデータの送信先を示す情報を送信するよう構成された波長分割多重通信システムを、本発明は提供する。したがって、ステーションは複数の波長のうちの利用できるすべての波長を絶えず走査する必要はなく、また、各ステーションは個別に調整されたサブキャリア受信器を有する必要もない。よって、ステーションにおいて複雑なハードウェアを必要とすることなく、良好な送信レートを達成することができる。

【0017】本発明の他の見地、実施例および好適な特徴については、以下に説明する通りである。

【0018】

【実施例】以下、添付図面を参照しながら、例示的に本発明を詳細に説明する。

【0019】＜第1の実施例＞図1を参照するに、WDM・LANシステムは、複数の端末ステーション1a, 1b, ..., 1n、およびヘッドステーション2により構成される。ヘッドステーション2及び端末ステーション1は、光ファイバ3a, 3b, 3c, ...からなる光ケーブル3により数珠つなぎに接続される。本実施例において、各ステーション1はその下流のステーションへデータを転送することができる。よって、本実施例は、ヘッドステーション2に最も近い端末ステーション1aから他のすべてのステーション1b, ..., 1nへデータを伝送する用途、あるいは複数のステーション1a, 1b, ...が単一のステーション1n（ヘッドステーション2から最も遠いステーション）へデータを伝送する用途（例えば、多数のセンサがデータ収集ステーションへデータを伝送する用途、あるいは複数のコンピュータ端末が単一のプリンタと通信する用途）に用いて有益である。

【0020】端末ステーション1a, 1b, ..., 1nの各々に接続されているのは、それぞれ、データ利用装置100a, 100b, ..., 100n（例えば、コンピュータ、プリンタあるいはセンサ）である。

【0021】端末ステーション1は、各々、電気入出力ポート11によりそれらの対応する端末装置100と通信し、各端末ステーションは、光ケーブル3を受容する光入力ポートと、光ケーブル3を受容する光出力ポートとを有する（但し、ヘッドステーション2から最も遠い最後の端末ステーション1nは光入力ポートのみ必要とする）。

【0022】図2aを参照するに、ヘッドステーション2は、5個のレーザダイオード6-0~6-4を有する。これらの各々は、図3に示すようにそれぞれに対応する周波数 $\lambda_0 \sim \lambda_4$ の光を生成する。各レーザダイオード6は連続波（CW）光を生成し、制御回路4はレーザダイオードの出力を変調するために設けられている。

【0023】波長 λ_0 は制御信号のためのシグナリング波長として用いられ、波長 $\lambda_1 \sim \lambda_4$ はデータ伝送波長として用いられる。

【0024】レーザダイオード6の出力は、波長マルチプレクサとして機能する結合デバイス7により結合される。結合デバイス7は、好ましくは、異なる入射角のレーザからの光を受けて共通の回折（diffraction）角度で射出する回折格子デバイス（例えば格子フィルタ）により構成される。その射出光は、光増幅器8を含む光経路へ進入する。光増幅器8は、例えば、エルビウム（erbium）をドープしたファイバ増幅器である。これは、第4回オプトエレクトロニクス会議（OEC）'92（ジャパン）、招待論文1733-1、テクニカルダイ

ジェスト第281~283頁のビー・ジェイ・エインス

リー (B. J. Ainslie) による”エルビウム・ドープ・ファイバ・アンプリファイアズ”に記載されている。この増幅器8は、波長マルチプレクサ7の出力が妥当な程度に高ければ、省略することができる。

【0025】結合された光信号の一部は光カプラ9により取り出され(タッピングされ)、波長安定化回路10に帰還される。波長安定化回路10は、レーザダイオード6の波長を安定化するものであり、例えば、1990年3月開催のIEEEジャーナル・オブ・ウェイブ・ライト・テクノロジー (IEEE Journal of Wave Light Technology)、Vol. 8, No. 3、第396~405頁、エス・ヤマザキらによる”ア・コヒーレント・オプティカル・FDM・CATV・ディストリビューション・システム”に記載されている。

【0026】結合された光信号は、光カプラ9を通過した後、光ファイバ3aに入射され、これを通り、他の端末ステーション1(図示せず)及び光ファイバ3mを介して、図2bに示す端末ステーション1mに達する。

【0027】ファイバ3mがステーション1mの光入力ポート(図示せず)に結合された後、その光ビームは、ファイバ3m内の信号損失を補償するために光ブリアンプ12(例えばエルビウムドープ・ファイバ増幅器)により増幅され、波長デマルチプレクサ13によりデマルチプレクスされる(すなわち、異なる波長 $\lambda_0 \sim \lambda_4$ の、空間的に別個のビームに分離される)。波長デマルチプレクサ13は、例えば、回折格子デバイスである。これは、ヘッドステーション2の波長マルチプレクサ7と同一であるが、逆の構成を有し、信号ビームを受けてこれを複数の成分波長ビームに分離するものである。

【0028】光ファイバ3mは、多くの場合、異なる波長を異なる量だけ遅延させるよう光ビームを色分散させるので、分散補償器14が設けられている。これは、例えば異なる波長の各ビームごとに異なる長さを持つ光ファイバまたは他の光伝送手段からなる。最大の波長は光ケーブル3mによる色分散により最大の遅延を受けるので、分散補償器14内のファイバの長さはビームの波長 $\lambda_0 \sim \lambda_4$ に反比例する。

【0029】例えば、光ファイバ3mが 18 ps/nm/km の標準的な分散を有する長さ 40 km のものであり、かつ波長間隔が 1 nm の場合、隣接波長間には 720 ps (ファイバの 144 mm に相当)の遅延差が必要となる。

【0030】このように、各分離波長が分散補償器14内のそれぞれの長さのファイバを通過した後、すべての波長 $\lambda_0 \sim \lambda_4$ の信号は時間軸上で整列(時間合わせ)される。

【0031】ヘッドステーション2のレーザ6-0により生成されたシグナリング波長 λ_0 は、フォトダイオード(または他の光センサ)受信器17により受信され、ここで、電気信号に変換される。この電気信号は、プロ

セッサ18(マイクロプロセッサまたは特定用途向け集積回路(ASIC))に供給される。データ伝送波長 $\lambda_1 \sim \lambda_4$ は、4(入力) \times 4(出力)のノンブロッキング(non-blocking)光スイッチ15に入力され、その入力ポートにおける4つの波長のうちの任意の1つが4出力ポートの任意の1つへ切り替えられる。ノンブロッキング光スイッチ15は、市販の製品であり、例えば、IEEE議事録、ジャーナルVol. 139, No. 1、1993年2月、ジェイ・イー・ミッドウィンター(J. E. Midwinter)による”フォトニクス・イン・スイッチング;ザ・ネクスト・25イヤーズ・オブ・オプティカル・コミュニケーションズ”に記載されている。スイッチ15は、スイッチ駆動回路16により与えられる電気制御信号により制御され、スイッチ駆動回路16は受信器17により制御される。

【0032】プロセッサ18は、シグナリング波長 λ_0 の光を発生するレーザダイオード19に接続される。

【0033】カプラ(例えば融合ファイバカプラ)20が光スイッチ15の出力線の1本に設けられる。このカプラは、その線上の信号パワーの小部分(例えば10%)を取り出して(タッピングして)フォトダイオード(または他の光学的)受信器21へ供給するよう構成される。この受信器21の電気出力信号は、ゲート回路22を介して、電気出力(ドロップ)ポート11'へ供給される。この電気出力ポートは端末装置100へ接続される。

【0034】光変調器25は、光スイッチ15の他の出力線に接続される。光変調器25(これは例えば1本の入力と1本の出力のみ接続された2ポート光スイッチの構成をとることができる)は、メモリ23に保持された並列データに従って直列ビット列を出力する電気駆動(ドライバ)回路24により与えられる電気信号により、その出力ポート上の光信号を変調する。メモリ23は、端末装置100(図示せず)からの信号を受信するための、端末ステーション1mのアッド(入力)電気ポート11m'に接続されている。

【0035】変調器25からの光信号、カプラ20からの信号、およびスイッチ15の他の2ポートからの信号は、減衰器列48を通過後、結合器26により送信器19からの信号と結合される。減衰器列48は、変調およびタッピングにより生じたパワー低下を補償するよう構成され、その結果、すべての結合波長 $\lambda_1 \sim \lambda_4$ が等しいパワーレベルを有する。そこで、データ伝送波長 $\lambda_1 \sim \lambda_4$ およびシグナリング波長 λ_0 は、結合器26(これは光カプラでよい)により再結合される。この結合された光信号は、減衰器列48、スイッチ15及び他の構成要素による損失を考慮するため、光増幅器30(例えばエルビウムドープファイバ増幅器)により増幅される。

【0036】本実施例では、受信すべきデータを含んで

いるか否かに関わらず、波長の1つがカブラ20を通過する。プロセッサ18は、データの受信を除いて、受信器21からの受信データを阻止するよう、ゲート回路22を制御する。

【0037】以下、本実施例の動作について、詳細に説明する。

【0038】図4aを参照するに、ヘッドステーション2の制御回路4は、時間幅 T_p の規則的なパルスが発生する。これらのパルスは、パルス繰り返しレートが $T = T_p + T_g$ となるように、ガード時間 T_g により分離される。これらのパルスは、(例えば、図示しない変調器を通して)データ伝送波長レーザダイオード6-1~6-4の出力をオン・オフ切り替えし、これにより図4aに示すように、各パルスからスロット分けされたCW信号を生成する。制御回路4はまた、シグナリング波長レーザダイオード6-0を変調するデジタルコードを生成する。このデジタルコードは、すべての波長がシグナリングのために空き状態にあることを示す。この単純なデジタルコードは、例えばレーザダイオード6-1~6-4の一つが損傷したような場合を除いて、常に生成される。損傷等が生じた場合には、その代わりに、シグナリングに利用できる波長の識別子群を示すコードが送信される。

【0039】この送信されるコードは、後続のタイムスロット、典型的には次のタイムスロット、あるいは1つ置いた次のタイムスロットもしくは2つ置いた次のタイムスロットにおける波長の利用可能性に関与する(これは、端末ステーション1a~1nに、自身を構成するためのより長い時間を与えるためである)。

【0040】図4bを参照するに、光信号がm番目のステーション1mに達したとき、(m-1)個の先行ステーションは既にデータの送信を開始している。第1のタイムスロット($0 \leq \text{時間} \leq T$)では、第1のステーション1aは、図2bのm番目のステーションへデータ信号を波長 λ_1 で(後に詳述する方法により)送信している。また、第2のステーション1bは、p番目のステーション1pへ波長 λ_2 でデータ信号を送信している。第2のタイムスロット($T \leq \text{時間} < 2T$)では、第3のステーション1cが波長 λ_1 でn番目のステーション1nへメッセージを送信している。第3のタイムスロット($2T \leq \text{時間} < 3T$)では、第2の端末ステーション1bが波長 λ_1 でp番目の端末ステーション1pへ更なるデータ信号を送信し、かつ第3の端末ステーション1cが波長 λ_2 でm番目の端末ステーション1mへメッセージを送信している。

【0041】図2bの端末ステーション1mに接続されたファイバ3mの色分散により、異なる波長ごとにタイムスロットがずれていることが分かる。

【0042】図5aに示すように、分散補償器14を通過後には、タイムスロットはほぼ再整列している。この

時点で、図2bの端末ステーション1mは端末ステーション1pへ送信すべきデータの packets、および端末ステーション1nへ送信すべきデータの packets を有する。いずれの packets も対応する端末装置100mから先に受信したものであり、端末ステーション1mのメモリ23に格納されている。

【0043】端末ステーション1m内の受信器17は、図5aに”制御0(m-1)”と表記した、 $t = -T$ と $t = 0$ との間の区間内にシグナリング波長 λ_0 により搬送されたデジタル信号を読み込む。このデジタル信号は、4つのデジタルワード、すなわち次のタイムスロット内の伝送波長 $\lambda_1 \sim \lambda_4$ の各々について1ワードを含む。第1のワードは、m番目の端末ステーションの識別子(例えば5ビットの信号)および第1の波長 λ_1 の送信先端末ステーションの対応する識別子とからなる。ここでは、この第1のワードは、第1の端末ステーション1aがステーション1mへメッセージを送信していることを示している。同様に、第2のワードは、第2のステーション1bが波長 λ_2 によりp番目のステーション1pへメッセージを送信していることを示している。第3及び第4のワードは、 $t = 0$ と $t = T$ の間のタイムスロット内ではメッセージ送信用に波長 λ_3 および λ_4 が空き状態にあることを示している。

【0044】プロセッサ18は、受信器17により生成された電子デジタルデータを受信し、このデータから、メモリ23からの読み出し(read-out)およびゲート22への読み込み(read-in)の同期をとるためのタイミング信号を抽出する。プロセッサ18は、各ワードの送信先部分を認識し、自己に格納された端末ステーション番号mとこれらの送信先とを照合する。この例では、第1の波長 λ_1 に関連するワードにおいて一致が検出される。したがって、プロセッサ18は、スイッチ駆動回路16を制御して、スイッチ15のその入力ポートからの波長 λ_1 を、カブラ20の位置するスイッチ15の第1の出力ポートへ導くようにスイッチ15の設定を行う。次に、 $t = 0$ から $t = T$ までの間のタイムスロットにおいて、プロセッサ18は1タイムスロットの期間継続するゲート信号28を生成し、受信器21の電気出力信号を、端末装置100mに接続された電気出力ポートへ出力させる。その結果、波長 λ_1 上のデータ packets を端末装置100mへ分離する(ドロップする)。

【0045】同時に、プロセッサ18は、メモリ23内のデータが送信待ち状態にあることを認識する。したがって、プロセッサ18は空き波長(この例では $t = 0$ と $t = T$ の間のタイムスロット内の波長 λ_1)を示す第1のワードの発生に着目する。

【0046】しかし、送信されるべきメモリ23内の packets は端末ステーション1pが送信先であるので、また、プロセッサ18はシグナリング波長 λ_0 をデコードしており、波長 λ_2 が既に端末ステーション1pへ向け

られたデータパケットを含んでいること認識しているので、そのパケットが次のタイムスロットにおいて空き波長 λ_3 で送信されるならば、端末ステーション1pは2つのメッセージを同時に受信し、かつそのうちの1つしかデコードすることができないことになる。

【0047】したがって、この送信先端末ステーション1pでの衝突を回避するため、プロセッサ18は次のタイムスロットではいずれの空き波長においても送信を行わない。

【0048】プロセッサ18は、次に、送信器19を制御して、受信ヘッダデータを全く同一形で、 $t = -T$ と $t = 0$ の間のタイムスロット内において、シグナリング波長 λ_0 で再送信させる。

【0049】シグナリング波長 λ_0 上に載せられる総情報量はデータ伝送波長上の総情報量に比べて比較的少ないので、入力データは、 $t = 0$ と $t = T$ の間のタイムスロット内の比較的早い部分に受信される。

【0050】プロセッサ18は、有限の処理時間(T_R)を用いて、信号データを読みとり再生成するので(但し、データ量は小さいので実際にその時間はきわめて短い)、プロセッサ18はそのタイムスロット内の厳密に正しい時点にデータを書き込むことは不可能である。従って、時間 T_R に等しい長さの遅延がデータ波長 $\lambda_1 \sim \lambda_4$ の各々の経路に挿入され、それらをシグナリング波長 λ_0 (T_R だけ遅延したもの)と時間軸上に整列させる。この遅延は、所定長さのファイバにより達成してもよく、あるいは、便宜上、分散補償器14と一緒に設けるようにしてもよい。

【0051】次のタイムスロット($t = 0$ と $t = T$ の間)内で、波長 λ_1 上の入力データがドロップされる間、プロセッサ18はシグナリングチャネル λ_0 を読みとり、続くタイムスロット($t = T$ から $t = 2T$)内の空き波長 λ_2 を検出する。さらに、このタイムスロットでは、端末ステーション1pへのメッセージの衝突はない。よって、プロセッサ18はこの波長 λ_2 でデータを送信する。この場合、プロセッサはシグナリング波長 λ_0 上にワードを再書き込みしなければならない。プロセッサ18は、ステーション1mのレーザダイオード19を制御して、波長 λ_1 が第3の端末ステーション1cからn番目の端末ステーション1nへのメッセージで占領されていることを示す制御信号を生成させる。ダイオード19により送信されるこのメッセージ部分は受信器17により受信されるメッセージ部分と同一である。但し、プロセッサ18は、波長 λ_2 が端末ステーション1mから端末ステーション1pへのメッセージを含み、現在、波長 λ_3 または λ_4 のみが空きであることを示すメッセージをアッド(挿入)する。

【0052】次に図5bを参照するに、 $t = T$ から $t = 2T$ のタイムスロット内で、プロセッサ18は、スイッチ15を制御して、選択された波長 λ_2 をスイッチ15

のその入力ポートから、変調器25の位置するスイッチ15の第2の出力ポートへ導く。次に、変調器25へのCW信号入力、メモリ23内に格納されメモリ23から供給されるデータパケットに従って変調される。このデータパケットは、プロセッサ18の制御下でドライバ(駆動回路)24を介して直列ビット列として読み出されたものである。このようにして、図5bに示すように、第2のタイムスロット内で、波長 λ_2 が(ステーション1mからステーション1pへの)送信データパケットにより占領される。この変調された波長は、再送信のため結合器26により他のすべての波長と再結合される。

【0053】このパケットデータが $t = T$ から $t = 2T$ までのタイムスロット内で送信されている間、受信器17は同じ期間内に制御信号(制御2(m))をデコードし、波長 λ_3 が次のタイムスロット($t = 2T$ から $t = 3T$)内で空きであること、および波長 λ_2 上に端末ステーション1mへの入力パケットが存在することを認識する。

【0054】したがって、プロセッサ18は、レーザダイオード19により、シグナリング波長 λ_0 上に修正された信号を送信する。この修正された信号は、(プロセッサ18により受信された直前のデータに加えて)次のタイムスロット内で波長 λ_3 上にステーション1mからステーション1nへのパケットが送信されること、および、よってこの波長が空きではないことを示す。

【0055】次のタイムスロット($2T$ から $3T$ までの間)内で、プロセッサ18は、スイッチ駆動回路16を制御して波長 λ_2 をカプラ20へ導き、これによって、その波長上のパケットがドロップされ得るようにし、かつ、波長 λ_3 上のCW変調信号を変調器25へ導く。変調器25は、その波長上にステーション1nへのデータパケットを変調し、この変調された波長は、次のステーションへの送信のために結合器26において他の波長と再結合される。

【0056】1台の端末ステーションから他のステーションへ単一のデータパケットを送信だけでなく、1台の端末ステーションからファイバ下流のすべての端末ステーションへ(あるいは、ヘッドステーション2からすべての端末ステーション1へ)データを送信(ブロードキャスト)することもできる。よって、図6aに示すように、タイムスロット($t = 0$ から $t = T$)内のシグナリング波長 λ_0 上の制御ワードは、続くタイムスロットにおいて、第1のステーション1aから他のすべてのステーションへ宛てたメッセージが送信されることを示す。したがって、各ステーションのプロセッサ18は、そのスイッチ15を制御して波長 λ_1 をそのカプラ20へ導き、各ステーションにおいてその波長をドロップさせる。

【0057】さらに、(図2bに示したように)ゲート

22からメモリ23への選択可能な帰還経路を設ければ、各端末ステーションにおいてデータパケットを受信し、そのパケットをゲート22からメモリ23へ導いて後続のタイムスロット内でそのパケットを再送信することにより、波長変換 (wavelength translation) を行うこともできる。これは、例えば、与えられたステーションのスイッチ15の故障により波長の1つ (例えば波長 $\lambda 1$) をそのカプラ20へ接続不能となり、その結果、波長 $\lambda 1$ 上のパケットがその端末ステーションで受信できなくなったような場合に有益である。したがって、先行する端末ステーションはパケットを他の波長へ移動させるために波長変換を行ってもよい。

【0058】この効果については、図6bに模式的に示している。すなわち、タイムスロットT~2T内の、第3の端末ステーション1cからn番目の端末ステーション1nへのデータパケットは波長 $\lambda 1$ で受信され、次のタイムスロットで波長 $\lambda 3$ 上で再送信されている。このような波長変換は、例えばヘッドステーション2からのシグナリング波長 $\lambda 0$ 上の制御信号により指示してもよく、あるいは、プロセッサ18に予めプログラムしておいてもよい。

【0059】<第1の実施例の変形例>第1の実施例の構成および機能には、種々の変更または置換が可能である。例えば、波長マルチプレクサおよびデマルチプレクサは、回折格子干渉計 (grating interferometer) デバイスの代わりに、マックツェンダ (MachZender) デバイス、誘電多層薄膜フィルタ、あるいは光カプラであってもよい。光増幅器8は、ファイバ増幅器の代わりに、半導体光増幅器であってもよい。波長マルチプレクサおよびファイバ3の損失が十分に小さいか、あるいはファイバ3が自己増幅型 (例えば、エルビウムドープファイバ) のものであるか、あるいは信号増幅のための別個のリピータ (repeater) ステーションが設けられている場合には、ヘッドステーション2および端末ステーション1内の光増幅器は省略することができる。

【0060】レーザダイオード6は、発光ダイオード、気体レーザ、ファイバレーザ、その他の適当な光源で置換することができる。

【0061】当然ながら、波長の個数は上記以外の個数であってもよい。例えば、図7a、図7bは第1の実施例をk個の波長について一般化した構成を示している。

【0062】ガード時間Tgは、端末ステーション1内の光デバイス (例えばスイッチ15) のスイッチングを考慮するために設けたものであるが、スイッチング期間内に実際のデータ送信が実行されない場合には、ガード時間を省略してCW光を設けることができる。

【0063】シグナリング波長 $\lambda 0$ は、さらに、ネットワークの動作、管理および保守 (または端末ステーション間の低ビットレート通信であってもよい) に関する他の信号および制御情報を搬送するために用いることがで

きる。1992年、米国のアーテック・ハウス (Artech House) により出版された、エム・セクストン (M. Sexton) およびエイ・リード (A. Reid) 共著”トランスミッション・ネットワークング: S O N E T・アンド・シンクロナス・デジタル・ハイアラキー”, I S B N 0-89006-551-9に記載されているように、同期デジタルハイアラキー (synchronous digital hierarchy: SDH) フォーマットによりシグナリング波長 $\lambda 0$ 上でデータを送信してもよい。

10 【0064】したがって、各端末ステーション1のプロセッサ18は、その動作 (例えば任意の構成要素の故障を含む) に関するステータス情報をシグナリングチャネル $\lambda 0$ に書き込むようにしてもよい。

【0065】各ステーション1の光変調器25は、例えば、電子吸収変調器 (electro-absorption modulator) またはマックツェンダ変調器であってもよく、また、振幅変調、周波数変調、位相変調、その他の変調方式を用いることができる。

20 【0066】1993年9月12~16日開催の第19回光通信に関するヨーロッパ会議 (ECOC'93)の議事録 Vol. 2、論文WeC8. 3、第349~352頁、エイ・ベロフ (A. Belov) らによる”ザ・リアライゼーション・オブ・ブロードバンド・ディスパージョン・コンペンセーション・ユージング・ザ・マルチクラディング・ウェイブガイド・ストラクチャ”、あるいは同会議議事録の論文WeC8. 5、第357~360頁のエム・オーニシ (M. Onishi) らによる”ハイ・パフォーマンス・ディスパージョン・コンペンセーティング・ファイバ・アンド・イツ・アプリケーション・トゥー・アップグレーディング・オブ・1.31 μ m・オプティマイズド・システム”に記載されているように、各ステーション1の分散補償ユニット14は、異なる波長の光ファイバ列により構成するのではなく、単一の分散補償ファイバ (すなわち、逆色分散特性を有するファイバ) により構成してもよい。

30 【0067】この場合、各分散補償器14は、関連する波長のデマルチプレクサ13の上流に位置する。光リング、ファブリ・ペロー共振器、または光共役 (conjugation) 技術を用いた補償器を採用することもできる。並列遅延列を採用するのではなく、異なる波長から1度に1波長を分離し、分離点間に直列の差分遅延からなるラダー構造を採用することもできる。

40 【0068】例外的な場合、例えばファイバ3が極端に短い場合、あるいはファイバ3の色分散が小さい場合、分散補償器14は省略してもよい。また、当然ながら、分散補償器14は、端末ステーションにではなく端末ステーション間に配置することもできる。あるいは、各分散補償器14を上流ステーション (ヘッドステーション2または端末ステーション1) の出力側に配置することもできる。これは、ファイバ3の分散による歪みのない

信号が端末ステーションに到達するように、マルチプレクサ信号を予め歪ませておくものである。

【0069】ヘッドステーション2の波長安定化回路10は、隣接波長間に十分な波長間隔（例えば1nm以上）がある場合には、省略してもよい。この場合、クロストークを回避するには各光源6について粗い温度安定化で十分である。勿論、このような構成ではファイバ帯域幅の有効利用の程度が低下する。

【0070】異なる波長間の光パワー差が十分に小さい場合には、光減衰器48の幾つかまたは全部を省略することができる。また、位相”減衰器”も、波長経路の幾つかまたは全部において、1より大きいゲインを有する光増幅器を含むと考えられる。

【0071】図2bは、2×2のノンブロッキング光スイッチ要素を2行3列のアレイとして用いた4×4のノンブロッキング光スイッチ15を示しているが、これ以外のノンブロッキング光スイッチの構成も同様に採用することができることは明らかであろう。

【0072】本実施例は、例えば、1.55μm波長領域において、1波長あたり155メガビット/秒または2.5ギガビット/秒のデータレートで動作する。

【0073】要約すれば、第1の実施例は、各端末ステーション1が選択された波長からデータをタッピング受信するカプラデバイスと、選択された波長上にデータを変調する変調器デバイスとを有し、データ伝送波長が空間的に分離されるとともに（ノンブロッキング）光スイッチにより当該カプラまたは変調器へ選択的に切り替えられる構成を示している。与えられた端末ステーション1において、シグナリング波長λ0が受信され、その内容が当該端末ステーションのレーザ19により再送信される。

【0074】＜第2の実施例＞図8（図2aに対応）は、第2の実施例のヘッドステーションを示す。このヘッドステーション2は前述した第1の実施例のものと概略同じであるので、詳述はしない。但し、本実施例のヘッドステーション2は単一の波長マルチプレクサ7を設ける代わりに、光源6-1～6-4からのデータ伝送波長λ1～λ4を結合して単一の結合された光ビームを生成する第1の波長マルチプレクサ7aと、このデータ送信光ビームを光源6-0からのシグナリング波長λ0と結合して第1の実施例における波長マルチプレクサ7と同じ出力を生成する第2の波長マルチプレクサ7bとが設けられる。各レーザダイオード6-1～6-4の各々の出力を個別に変調するのではなく、本実施例の制御回路4は、単一の変調パルス列を出力して、（波長マルチプレクサ7aの出力と波長マルチプレクサ7bの入力との間の結合データ送信ビーム内に位置する）変調器デバイス7cを動作させ、すべてのデータ伝送波長λ1～λ4を同時に変調させる。第1の実施例においてと同様に、変調器7cは、例えば、電子吸収変調器あるいはマ

ックツェンダ変調器でよい。変調器は1個のみでよいので、ヘッドステーションの構造を第1の実施例より簡略化することができる。

【0075】＜第3の実施例＞図9は、第3の実施例の端末ステーション1mを示す。この実施例の細部は、以下に説明する点を除いて、第1または第2の実施例と同様である。

【0076】本実施例では、2つの波長から同時にデータをドロップさせるために2つのドロップ経路を設けている。また、2つの波長に対して同時にデータを挿入するために2つのアッド経路を設けている。

【0077】この各アッド経路は、パケット（バッファ）メモリ23a、23bと、ドライバ24a、24bと、変調器25a、25bとからなる。両変調器25a、25bは、スイッチ15の異なる出力ポートへ接続される。

【0078】同様に、2つのドロップ経路の各々は、受信器21a、21bと、ゲート回路22a、22bとからなる。各ドロップ経路内には、入力パケットを保持するためのパケットメモリ23c、23dも設けられ、これにより、1つのパケットを保持する間に他のパケットを関連する端末装置100mへ出力することができる。

【0079】さらに、メモリ23dの1つの出力を、選択的に端末装置100mへまたは波長伝送経路を介してアッド経路へ導く電気スイッチ31が設けられる。また、本実施例では、スイッチ31の1出力を受ける入力ポートと、端末装置100mからの1出力を受ける入力ポートとを有する2×2の電気スイッチ32が設けられる。このスイッチ32は、これらの入力をメモリ23a、23bの選択した一方へ振り分ける。スイッチ31、32は、プロセッサ18の制御下でセットされる。

【0080】本実施例の他の詳細は、図2bについて説明した通りである。

【0081】このように、プロセッサ18は、データ伝送波長λ1～λ4のうちの任意の2つを2つの変調器25a、25bに選択的に導き、これによって、2つのデータパケットが同時に送信される。この場合、プロセッサ18は、2つのパケットが送信されることを示す対応する情報をシグナリング波長λ0に書き込むようになっている。

【0082】同様に、プロセッサ18は、2つのデータパケットの同時受信のために、データパケットを含む2つの入力波長を2つのカプラ20a、20bへ導くことができる。メモリ23c、23dおよびスイッチ31は、端末装置100mに接続された電気出力ポートへメモリ23c、23dが順次結合されるように構成されている。

【0083】このように、本実施例におけるデータ送信レートはより高速にすることができる。第1の実施例と異なり、各端末ステーション1は同時に2つのパケット

を受信することができるので、端末ステーション1pに対してパケットが既に送信されていることを例えばステーション1mのプロセッサ18が検出し、かつステーション1mがステーション1pへ送信すべきデータを有する場合、プロセッサ18は衝突のおそれなく送信を行うことができる。しかし、2つのパケットが異なる波長上でステーション1pに対して同時に送られていることをシグナリング波長データが示している場合、本実施例のプロセッサ18は、ステーション1pへもう一つのパケットを送出することはしない。これは、ステーション1pに対する3つのパケットによる過負荷を回避するためである。

【0084】図9に示したものと機能的に同じアド経路およびドロップ経路は、データ伝送波長の個数（この例では4個）まで設けることができる。例えば、4個のアド経路および2個のドロップ経路を、あるいは3個のドロップ経路および2個のアド経路を設けることができる。

【0085】このように、本実施例では、複数の波長を同時にアドおよび／またはドロップすることを許容するために複数のアドおよび／またはドロップ経路が並列に設けられ、複数の波長が光学的空間スイッチにより当該アドおよび／またはドロップ経路に選択的に導かれる。

【0086】＜第4の実施例＞図10は、第4の実施例のステーション1mを示している。本実施例の詳細は、以下に説明する以外は、先行する実施例と同じである。

【0087】本実施例では、光スイッチ15が削除され、データ伝送波長 $\lambda_1 \sim \lambda_4$ の各々について、波長デマルチプレクサ13と結合器26との間に直結した光経路が設けられている。これらの各経路には、それぞれ、カプラ20a～20dおよび変調器25a～25dが設けられる。4個のカプラ20a～20dの4出力は4×1の光スイッチ33の対応する入力ポートに入力される。光スイッチ33は、（プロセッサ18の制御下で）その1出力（すなわち、データ伝送波長 $\lambda_1 \sim \lambda_4$ の1つ）を受信器21およびゲート22へ導く。なお、受信器およびゲート22は、第1の実施例においてと同様に動作する。

【0088】同様に、変調器25a～25dの4制御入力へは1×4の電気スイッチ（セクタ）34のそれぞれの出力ポートが接続される。この電気スイッチ34は、プロセッサ18の制御下で、変調器のドライバ24およびメモリ23からの制御信号を変調器25a～25dのうちの1つ（よって、データの伝送波長 $\lambda_1 \sim \lambda_4$ の1つ）に選択的に接続する。

【0089】このように、端末ステーション1mへのデータパケットが1つの波長（例えば波長 λ_3 ）で到着してきたことにプロセッサ18が気づくと、プロセッサ18は、スイッチ33を制御してカプラ20cの出力を受

信器21へ接続し、パケットの受信を行う。

【0090】同様に、メモリ23内に保持されているパケットを送信（アド）するための空き波長（例えば波長 λ_4 ）をプロセッサ18が見つけたとき、プロセッサ18はスイッチ34を制御してドライバ24からの信号を変調器25dへ導通させる。この場合、他の変調器25は非動作状態にセットされる。この状態では、当該他の変調器25は関連する波長をそのまま導通させる。

【0091】本実施例には種々の変更が可能である。例えば、光スイッチ33を省略し、単一の受信器21を、4個の受信器21a～21d（それぞれカプラ20a～20dの出力に対して1個ずつ）により置き換えることができる。この場合、受信器21a～21dのうちの1つの出力を選択的にゲート22へ導くための4×1電気スイッチを設ける。

【0092】光スイッチ33が、そのいずれの入力も出力へ接続されない無効状態を有する場合、光スイッチ33を無効状態にセットすれば通過する信号を効果的にゲートすることができるので、ゲート回路22は省略することができる。

【0093】本実施例において、結合器26は好ましくは波長マルチプレクサ（例えば、回折格子型のもの、あるいは上述した他の型のもの）である。この構造は、慣用のカプラより挿入損失が低いからである。これは、本実施例において各波長が通過する経路が予め決まっており時間によって変化しないことから可能になる。

【0094】図10においては、ドロップ経路およびアド経路をそれぞれ1個だけ示したが、複数パケットの同時アドおよびドロップを可能とするために図9で説明したような構成に拡張することもできる。例えば、スイッチ33および34を省略し、各カプラ20a～20dの各出力経路に別個に受信器21a～21dおよびゲート22a～22dを設けることができる。これらは、それぞれ、受信したパケットを保持するために図9に示したと同様の一時バッファメモリに接続される。同様に、4個の変調器25a～25dへのそれぞれの入力経路に、4組の独立したドライバ24およびパケット送信メモリ23を設けることができる。プロセッサ18は、同時にカプラおよび変調器の4組までを選択的に作動させる。

【0095】本実施例における変調器は、例えば、前述したミッドウインターの論文に記載のようなりチウムニオブ酸塩（lithium niobate）変調器である。

【0096】要約すると、本実施例では、デマルチプレクスされた各データ伝送波長の経路に変調器およびカプラが設けられ、その結果、各端末1の光スイッチ（およびそのスイッチ駆動回路16）を省略することができる。したがって、光スイッチ15に関する挿入損失がなくなり、本実施例における各端末1の総損失が軽減される。さらに、スイッチ33および34を制御する制御回

路は、光スイッチ15に必要とされるスイッチ駆動回路16に比べて幾分簡略化することができる。

【0097】<第5の実施例>図11は、第5の実施例の端末ステーション1mを示す。ここでは、先の実施例と異なり、光データ伝送波長 $\lambda_1 \sim \lambda_4$ をデマルチプレクスして空間的に分離することは行わない。代わりに、光学的に調整可能な(tunable)フィルタデバイスを用いて、データ packets をドロップしあるいはアッドするために選択的に所望の波長に合わせる。本実施例の他の詳細部は、以下に説明する以外、先行実施例に記載の通りである。

【0098】従って、本実施例では、受信した光信号は分散補償器35により分散イコライズ(dispersion equalised)される。分散補償器35は、好ましくは、前述したペロフおよびオーニシの論文に記載されたような単一の所定長の分散補償ファイバである。分散補償された波長マルチプレクサ光信号は、次に、波長デマルチプレクサ36に入力される。このデマルチプレクサ36は、単にシグナリング波長 λ_0 を1つの空間経路上へ分離するだけで、4つのデータ伝送波長 $\lambda_1 \sim \lambda_4$ のすべてはそのまま第2の経路へ出力する。第1の実施例と同様に出力が受信器21およびゲート回路22に接続されたカプラ20は、結合されたデータ伝送波長の経路内に配置される。カプラ20と受信器21との間には、調整可能な帯域通過フィルタ37が介挿される。このフィルタ37は、例えば、Applied Physics Letters Vol.56(3), 15, (1990年1月)のディー・エイ・スミス(D. A. Smith)らによる"Polarisation - Independent Acoustically Tunable Optical Filter"、あるいは、IEEE Photonics Technology Letters Vol.1(2), 第38~40頁、(1989年2月)のケイ・チャン(K. Cheung)らによる"Electronic Wavelength Tuning Unit Acousto Optic Tunable Filter with Broad Continuous Tuning Range and Narrow Channel Spacing"(前述のクラムタック論文に引用のもの)に記載された音響的に調整可能な光学的フィルタである。調整可能な帯域通過フィルタ37は、シグナリング波長 λ_0 上のデータに基づいてプロセッサ18により空き状態であると検出された、波長 $\lambda_1 \sim \lambda_4$ のうちの1波長のみを通すようにプロセッサ18により制御される。

【0099】結合された波長 $\lambda_1 \sim \lambda_4$ がたどる光経路は、さらに別の調整可能なフィルタ38へ続く。このフィルタ38は、フィルタ37と同じ型のものでよい。調整可能光フィルタ38は、結合された光信号を帯域通過出力と、帯域阻止出力とに分離する。この帯域通過出力は、先行実施例と同様に、変調器25へ入力される。帯域阻止出力は、変調器25と同じ減衰特性を有する減衰器48に入力される。減衰器48および変調器25の出力は、結合器26(例えばカプラ)において送信器19のシグナリング波長出力 λ_0 と再結合され、増幅器30

を介して出力される。

【0100】このように、本実施例ではデータ packets をアッドすべきとき、プロセッサ18は、フィルタ38を制御してその通過帯域が所望の波長(例えば波長 λ_4)に一致するように通過帯域を選択する。この所望の波長は変調器25により変調される。他のすべての波長は、フィルタ38の阻止出力端を通過し、結合器26で変調波長と再結合される。

【0101】本実施例の構成に対して種々の変更を加えることが可能である。例えば、調整可能帯域通過フィルタ37は、カプラ20の出力を受けて、波長デマルチプレクスされた複数の光経路(それぞれ各伝送波長を含む)を生成する波長デマルチプレクサにより置換することができる。デマルチプレクスされた光経路は、先行実施例におけるような 4×1 の光スイッチを用いて単一の受信器21へ導かれるか、あるいはそれぞれ4個の受信器21a~21dへ導かれる。これら4個の受信器の1つの出力は、先行実施例の 4×1 電気スイッチにより選択される。あるいは、4個の受信器21a~21dの出力は、異なる波長上の最大4個までのデータ packets を同時にドロップさせるために別個のメモリへ入力することができる。この構成は、前述した実施例においても採用することができる。

【0102】プロセッサ18により帯域通過フィルタ37を制御することにより、フィルタ27の通過波長を波長 $\lambda_1 \sim \lambda_4$ 以外の波長に切り替え、全データの伝送を効果的に阻止できる場合には、ゲート22を省略することができる。

【0103】調整可能光フィルタ37および38は、格子フィルタ、誘電薄膜フィルタ、ファイバファブリケーショフィルタ、あるいはEP0452895に開示のような型のフィルタであってもよい。

【0104】複数のフィルタ38を設けて、複数のデータ packets を同時にアッド可能にすることもできる。

【0105】前述の実施例のように、光増幅器12、30、分散イコライザ35および減衰器48を削除することもでき、また、減衰器48の代わりに変調器25の経路内に光増幅器を設けることもできる。

【0106】また、本実施例は前述した実施例の特徴を取り込んでよい。

【0107】要約すれば、本実施例では、所望の波長を分離するために、各端末ステーション1のアッド経路および/またはドロップ経路内に調整可能帯域通過フィルタを用いる。本実施例により前述した実施例に比べ、より高い柔軟性(フレキシビリティ)を提供することができる。なぜなら、帯域通過フィルタ37、38は連続可変の、すなわち制御可能な特性を持つことができ、そのため、端末ステーション1は、データ伝送波長を変更またはアッドする場合に、単にプロセッサ18からフィルタ37、38への制御信号を変更するだけで、ハードウ

エアの変更なしに利用できるからである。このように、本実施例によれば、前述の実施例より高い柔軟性を発揮する。

【0108】＜第6の実施例＞図12にはステーション1mの第6の実施例を示す。本実施例は第1の実施例と次の2点で異なる。

【0109】第1にこの実施例では、シグナリング波長の送信器19は省略され、さらに、シグナリング波長の光受信器17がカブラ17aに置換されている。17aはシグナリング波長の光路に結合している。17aにて分岐されたシグナリング波長は受信器17に供給される(17の機能は第1実施例の場合と同様である。)本実施例では、シグナリング波長の光路は中断されることなく結合器26へと導かれる。

【0110】図13aと図13bを用いて本実施例の動作を説明する。ヘッドステーション2はシグナリング波長 λ_0 を発生させるためにシグナリング波長用レーザダイオード6-0を駆動する。シグナリング波長 λ_0 の各タイムスロットは初期部分にシグナリングデータを有し、残りの部分はCWのままである。

【0111】各端末ステーション1ではシグナリング波長の光路が変調器49(図12参照)を通過する。該変調器はプロセッサ18により制御される。端末ステーションが次のタイムスロットにて送信するデータを有する場合、該変調器はシグナリング波長のCW部分の一部に変調を施すように制御される。このように、シグナリング波長 λ_0 が一連の端末ステーションを順次通過するに従って、各タイムスロットのCW部分は順次変調を受け、シグナリングデータにより占有される。本実施例におけるプロセッサ18の動作については、さらに詳細に下記のよう

【0112】本実施例と第1の実施例との2番目の相違点は、デマルチプレクスされた波長を変調器25およびカブラ20(図では、明瞭化のために部品24を省略している)へ導く導入手段の構成にある。図2bおよび図7bのノンブロッキング光スイッチ15の代わりに、光スイッチの列(バンク)50が設けられる。このバンクは、k個(kはデータ波長の個数)の入力端と、3組のk個の出力端とを有する。

【0113】バンク50は、1×2の光スイッチからなる第1のアレイ51a~51kにより構成され、各光スイッチは波長デマルチプレクサ13の出力光経路の1つを受けるとともに、2つの出力経路を有する。さらにスイッチ51a~51kの各出力ポートは、波長マルチプレクサ53(例えば、格子フィルタデバイスまたは前述した任意の他の型の波長マルチプレクサ)の対応する入力ポートへ導かれる。波長マルチプレクサ53の出力は変調器25へ入力される。

【0114】各スイッチ51a~51kの各々の他の出力ポートは、1×2光スイッチ52a~52kからなる

第2のアレイの対応する1つへの入力となる。このスイッチ52a~52kからなる第2のアレイの各々の出力ポートの一方は、波長マルチプレクサ54の対応する入力ポートへつながる。波長マルチプレクサ54の出力はカブラ20へ入力される。スイッチ52a~52kの各々の他方の出力ポートは、他の波長マルチプレクサ55の対応する入力端へ接続される。マルチプレクサ55の出力は直接、結合器26へ入力される。

【0115】このように、データパケットを送信する際、プロセッサ18によりスイッチ駆動回路16(図12では明瞭化のため省略)が制御され、それぞれの入力波長を波長マルチプレクサ53および変調器25(ここでその波長が変調される)へ導くようにスイッチ51a~51kの1つが切り替えられる。スイッチ51a~51kの他のすべては、それらの出力を対応する第2のスイッチ52a~52kへ導くように制御される。これらの第2のスイッチはすべてその出力を波長マルチプレクサ55へ導くようセットされる。変調された波長は、結合器26において波長マルチプレクサ55からの他の波長と再結合される。

【0116】端末ステーション1mがデータパケットを受信すべきとき、プロセッサ18はすべての第1のスイッチ51a~51kを制御して、それらの出力を対応する第2のスイッチ52a~52kへ導く。プロセッサ18は、スイッチ制御回路16を制御して第2のスイッチ52a~52kの1つを設定することにより、その出力を波長マルチプレクサ54へ導くようさせるとともに、他のすべての第2のスイッチを設定することによりそれらの出力を波長マルチプレクサ55へ導くようにさせる。

【0117】カブラ20から取り出された波長は、結合器26において、波長マルチプレクサ55からの他のすべての波長と再結合される。

【0118】本実施例では、データパケットをドロップさせるとき以外はデータがカブラ20を通過しないので、ゲート回路22は不要である。

【0119】本実施例において、端末ステーション1mが非アクティブ状態、すなわち端末ステーション1mがデータパケットのドロップもデータパケットの送信も行っていない場合、すべてのデータ伝送波長 $\lambda_1 \sim \lambda_4$ は、第1のスイッチ51a~51kおよび第2のスイッチ52a~52kを通過し、さらに波長マルチプレクサ55および結合器26へ続く同一の経路を通る。したがって、(端末ステーションが非アクティブ状態の時でも幾つかの波長がカブラ20または変調器25を通る第1および第3の実施例と異なり、)すべてのデータ伝送波長が当該端末ステーション内で等しい減衰を受ける。

【0120】図13a~図13bを再度参照すると、次のことが分かる。すなわち、ヘッドステーション2は、データ伝送波長 $\lambda_1 \sim \lambda_k$ (図13a参照)の各々上に

CW信号を生成するとともに、各タイムスロットの最初の部分に（端末ステーションの同期をとるための）シグナリング情報を含み続く部分にCW変調を含む信号を波長 λ_0 上に生成する。

【0121】図13bにおいて、シグナリング波長およびデータ伝送波長の対応する内容は端末ステーション1mのものとして示してある。第1のタイムスロット（ $t=0$ から T ）では、プロセッサ18は、第1のステーション1aからのデータパケットが当該端末ステーション1m宛に波長 λ_1 上で到着するというを（前のタイムスロットにおけるシグナリング波長 λ_0 のデータから）既に認識している。したがって、プロセッサ18は、すべてのスイッチ51a～51kをそれらの出力がスイッチ52a～52kへ導かれるように設定するとともに、スイッチ52aをその出力が波長マルチプレクサ54へ導かれるよう設定し、波長 λ_1 をカプラ20へ導く。すべての他のスイッチ52b～52kは、それらの出力が波長マルチプレクサ55へ導かれるように設定される。したがって、先の実施例に関して説明したと同様にパケットが端末ステーション1mにより読み込まれる。

【0122】今、端末ステーション1mが端末ステーション1nへ送信すべきデータパケットをそのメモリ23内に保持しているとする。第1の実施例の場合と同様、プロセッサ18は第1のタイムスロット内にステーション1n宛のパケットが存在することを認識する。よって、第1のタイムスロットでは送信を行わない。第2のタイムスロットでは、プロセッサ18はシグナリング波長 λ_0 からのシグナリング情報を解説（デコード）し、第2のタイムスロット（ $t=T$ から $t=2T$ ）ではすべての波長が空きであることを認識する。したがって、プロセッサ18は変調器49を制御して、第1のタイムスロット内のシグナリング波長 λ_0 のCW部の部分を変調させるとともに、データパケットが波長 λ_1 上でステーション1mからステーション1nへ送信されることを示す情報を書き込ませる。

【0123】第1のタイムスロット内のデータパケットの終了部分の後であって、かつ、第2のタイムスロット内のデータパケット送信開始前のガードタイム T_g の期間内に、プロセッサ18はスイッチ制御回路16を制御することにより、スイッチ51aを、その出力が波長マルチプレクサ53および変調器25へ導かれるように設定させる。すべての他の第1のスイッチ51b～51kは、それらの出力がそれぞれ対応する第2のスイッチ52b～52kへ導かれるよう設定され、すべての第2のスイッチはそれらの出力が波長マルチプレクサ55へ導かされるように設定される。したがって、第2のタイムスロットでは、プロセッサ18がシグナリング波長 λ_0 を受信している間、波長 λ_1 がメモリ23からのパケットを包含するよう変調され、他のすべての波長は変化する

ことなく通過する。

【0124】本実施例は種々の変更が可能である。例えば、波長マルチプレクサ53、55はカプラで置き換えることができる（但し、その場合、挿入損失が高くなる）。同様に、先の実施例の場合の如く、複数のアッド経路およびドロップ経路を設けることができる。本実施例に記載のスイッチ構造によらず変調を用いる特徴は、他の実施例に組み入れることができる（逆も同様）。

【0125】要約すると、本実施例の第1の見地においては、シグナリング波長 λ_0 は、各ノードにおいて終端して別個のレーザダイオードまたは他の送信器で再書き込みされるのではなく、受け渡されて各端末ステーション1で（必要に応じて）変調され、逐次そのCWパワーを利用していくようになっている。これにより、各端末ステーション1における安定化光源の必要性を回避している。

【0126】第2の見地では、本実施例は、データシグナリング波長 $\lambda_1 \sim \lambda_4$ を空間的に分離することにより、かつこれらを導く光スイッチを用いることにより、データシグナリング波長 λ_0 をアッド経路またはドロップ経路へ導く。よって、端末ステーション1mが非アクティブのとき、すべてのデータシグナリング波長 $\lambda_1 \sim \lambda_4$ はドロップ経路およびアッド経路をバイパスするように導くことができる。

【0127】＜第7の実施例＞図14は、図1に示した実施例を改良した第7の実施例を示す。これは、第1のバス103aと第2のバス103bを有する二重バス構成を有する。複数の端末ステーション101a、101b・・・101nが設けられ、その各々は、バス103aの一部を構成する光ファイバおよびバス103bの一部を構成する光ファイバにより相互に接続される。2つのバス103a、103bは互いに逆方向にデータの通信を行う。相互接続された端末ステーション101a～101nの連鎖の両端において、最初の端末ステーションおよび最後の端末ステーションの上流および下流に1対のヘッドステーション102a、102bがある。

【0128】各端末ステーション101は、実質的に、上述した任意の実施例に記載の端末ステーション2台（1台はバス103a上のパケットデータを送受信するものであり他の1台はバス103b上のパケットデータを送受信するもの）により構成される。このように、本実施例では、データはある端末ステーションからその下流（すなわち、ヘッドノードから遠ざかる方向）の任意ステーションへ送信できるだけでなく、両方向に送信することができる。したがって、各端末装置100は対応する端末ステーション101の両半分に接続される。送信先端末ステーションの位置に依存して両半分の一方に送信用のデータを送る簡単な決定回路が設けられる。本実施例では、各端末ステーション101の構成は、好ましくは、その端末ステーションの両半分により共有され

その両半分を制御する単一のプロセッサ18を設け、バス103a, 103bのいずれによりメッセージを送信するかを決定することにより、幾分簡略化される。

【0129】勿論、バス103aに沿う最も遠いステーションはバス103b上ヘータを送信することができるのみであり、バス103bに沿う最も遠いステーションはバス103a上ヘータを送信することができるのみである。

【0130】本実施例では、バス103b上の最後の端末ステーション101aは好ましくはバス103aのヘッドステーション102aのプロセッサ4へシグナリング波長 λ_0 を送信するように構成されている。バス103aに沿った最後のステーション101nは、好ましくは同様に、バス103bのヘッドステーション102bのプロセッサ4へバス103aのシグナリング波長を送信するように構成されている。このようにして、バス103a, 103bの一方に沿った部品故障や通信状態に関する任意の情報を、他方のバスを介してそのバスのヘッドステーションへ返送することができる。

【0131】このように、この二重バス構成を用いて、同じ状態の端末装置100（例えば複数のコンピュータ端末）間で通信を行うことができる。

【0132】＜第8の実施例＞図15は、先行する実施例のバス構成の変形例を示す。この変形例は、各バス上の最後のステーションをそのバス上の最初のステーションに接続するものである。先行実施例と同様、本実施例においても2つのヘッドステーションを設けることが可能である。ただし、いずれの場合にもヘッドステーション102は各バスに対して単にCW波長を発生してもよいので、単一のヘッドステーション102を用いて図15に示すように両バスを結合することができる。バス103aの最後の端末ステーション（101n）が図15に示されている。このバス103aの最後の端末ステーション（101n）は、先行実施例の如く、バス103aに沿った端末ステーションからの状態情報を返送するためにヘッドステーション102のプロセッサ4に接続される。同様に、バス103b上の最後の端末ステーション101aは、同じ目的のためにプロセッサ4に接続される。ヘッドステーション102により生成された波長分割マルチプレクス信号はカプラ40に送られる。カプラ40は、この信号を、バス103bの第1のステーション101nおよびバス103aの第1のステーション101aに送信するために2つの部分に分割する。他のすべての点に関しては、本実施例は先行実施例と同様に機能する。

【0133】図1の単一バス構成をループ状にして、バス3の端末ステーションからのシグナリング情報をヘッドステーション2へ戻すようにすることもできる。この場合、ヘッドステーション2内に別の端末ステーションを設けてヘッドステーションによる再送信のためにデー

タパケットをデコードし波長変換するようにすれば、端末ステーション（例えばバスの最後の端末ステーション）はバス内の早い方（上流）のステーションへ向けたデータを送信することもできる。

【0134】本実施例は、先行実施例のような1対のヘッドノード102a, 102bではなく、単一のヘッドステーション2を用いて2つのバス103a, 103bを動作させることができる点において、先行実施例より効率的である。

【0135】＜第9の実施例＞本実施例（図16参照）では、バス3がリング状に接続される。端末ステーション101a～101nは、第1～第5の実施例の任意のものに記載されたとおりである。ヘッドステーション102a, 102bとは異なるデータ伝送波長を用いる。ヘッドステーション102aは、レーザダイオード6-1, 6-2を用いて波長 λ_1 , λ_2 上にCW信号を発生する。ヘッドステーション102aの他の構成要素は、第2の実施例で説明したとおりである。ヘッドステーション102bは、レーザダイオード6-3, 6-4を用いてデータ伝送波長 λ_3 および λ_4 を発生する。ヘッドステーション102bのその他の構成要素は第2の実施例で説明したとおりである。

【0136】ヘッドステーション102aの波長マルチプレクスされたCW出力は結合器43aによりバス3上に載せられ、ヘッドステーション102bのそれは結合器43bによりバス3上に載せられる。帯域阻止フィルタ41は結合器43aの上流に設けられる。この帯域阻止フィルタは、波長 λ_1 および λ_2 を除去し、その結果、リング上で両波長上に変調された先行データが停止され、それ以上、リングを再循環しないようにする。同様に、帯域通過フィルタ42はバス3の結合器43bの上流に設けられ、波長 λ_3 および λ_4 を阻止し、その結果、両波長がそれ以上、リングを循環しないようにする。

【0137】各端末ステーション101がシグナリング波長 λ_0 を発生する手段19を有するので、ヘッドステーション102a, 102bはいずれもそのような手段を必要としない。

【0138】本実施例の動作開始時、ステーション101mは、波長 λ_1 および λ_2 が送信用に空いていることを示すシグナリング波長 λ_0 を発生する。端末ステーション101aがステーション101（L+1）と通信を行おうとするとき、端末ステーション101aは、前述した実施例で説明したように波長 λ_1 上にパケットを発生し、波長 λ_1 が次のタイムスロットで空きでなくなったことを示すためにシグナリング波長 λ_0 を再生成する。

【0139】フィルタ42に達すると、波長 λ_1 および λ_2 は循環を続け、先行ステーションにより両波長上に送信されたメッセージが通過を続ける。波長 λ_3 および

10

20

30

40

50

$\lambda 4$ は阻止される。ステーション101Lにおいて、そのプロセッサ18はシグナリング波長 $\lambda 0$ 上に、波長 $\lambda 3$ および $\lambda 4$ が信号伝達用に空きとなったことを示す情報を生成する。このステーションの下流では、CWデータ伝送波長 $\lambda 3$ および $\lambda 4$ が結合器43bにより挿入され、後続ステーション101(L+1)等による利用に供される。

【0140】端末ステーション101Lおよび101mからのタイミング信号は、波長 $\lambda 3$ 、 $\lambda 4$ のタイムスロットを波長 $\lambda 1$ 、 $\lambda 2$ のタイムスロットと同期させるために、ヘッドステーション102a、102bのプロセッサ44a、44bに送信される。

【0141】本実施例では、送信用に空いている新たなCW波長が、ステーション101Lにおいて、バス3にそのバス途上でアドされる。よって、ステーション101Lに続く端末ステーションは、バス上の上流のステーションと同じ、空きデータ伝送波長に対するアクセスの可能性を有する。これは、データ伝送波長がバスの全長にわたって逐次満たされていく第1の実施例のバスに対する改良である。

【0142】前述した実施例と同様、リングを逆方向に走る2つの平行バスにより構成し、各端末ステーションも同様に各バス上で動作する並列回路により構成することができる。

【0143】<第10の実施例>図17は、複数の異なる光WDMネットワーク間の接続を示した第10の実施例を示す。単一の端末ステーション201は2つのバス203a、203b(両バスは異なる通信波長を用いてもよい)間のリンクとして機能する。この場合、バス203a上のステーション1aおよびバス203b上のステーション1bの電気入出力ポートは、端末装置100へ直接導かれるのではなく、スイッチ46a~46dおよび入力メモリバッファ47a、47bを介して導かれる。端末ステーション1aのスイッチ46aの一端子は、端末ステーション1bのスイッチ46bの他の端子と連結され、この逆も同様である。したがって、バス203aの端末ステーション1aで受信したデータパケットはバス203bの端末ステーション1bへ導くことができる。この逆も同様である。この場合、端末装置100からの入力信号は、したがって、バス203a、203bのリンクが完了した後送信されるように、バッファメモリ47a、47bに格納される。

【0144】2つの端末ステーション1a、1bは、2つのバス203a、203bを連結する単一の端末ステーション201内に物理的に一緒に配置してもよく、あるいは、分離して通信線で相互に接続するようにしてもよい。前者の場合、単一のプロセッサ18を用いて両端末ステーション1a、1bを動作させることができる。そうでない場合には、2つの端末ステーション1a、1bはタイミング信号を交換するよう適切に構成される。

【0145】<第11の実施例>図18は、図14および図15の二重バス構造を採用した第11の実施例を示す。但し、各端末ステーション101は任意の他の端末ステーションと通信することができる。なぜなら、本実施例のヘッドステーション2aはバス103a上にスイッチ51aを備えるとともにバス103b上にスイッチ51bを備え、各スイッチは波長マルチプレクスされた光信号がヘッドステーションを直通するスイッチ位置、およびヘッドステーションが前述実施例のようにCWデータ伝送波長を供給するスイッチ位置を有するからである。

【0146】動作において、初めに、各スイッチ51a、51bは、CW光信号を供給するために光パワースプリッタ40(第8の実施例で前述したようなもの)の出力を光ファイババス103a、103bの各々へ接続するよう、セットされる。光ファイババス103a、103bは端末ステーション101a、101b、...101m...101zのリングに沿って逆の伝送方向を有する。

【0147】1周回分のデータ伝送波長およびシグナリング波長 $\lambda 0$ を発生した後、ヘッドステーション2aはスイッチ51a、51bを閉成することにより、最後のステーション101zからの波長マルチプレクス光信号がヘッドステーション2aを通過して第1の端末ステーション101aへ達するようにする。このように、ステーション101z(あるいは、他のステーション)は、ヘッドステーション2aを経由して任意の端末ステーション(例えば端末ステーション101a)へデータを送信することができる。制御回路4は、スイッチ51a、51bを交互に解放、閉成する。

【0148】本実施例では、このように、リング内の任意の1つのステーションから他のステーションへデータを通信するのに単一のバス103aで足りる。但し、別のバス103bを設けて、端末ステーション自体あるいは端末ステーション間の光ファイバの故障の際のフォールトトレランスを考慮している。また、図示のように、第2のヘッドステーション2b(第1と同じ)が設けられている。このヘッドステーション2bのスイッチ51a、51bは、通常は閉成され、ヘッドステーション2bがバス103aまたは103bのいずれにおいても伝送に対して透過状態になっている。

【0149】本実施例では、各端末ステーションは、バス103aに接続された第1の端末ステーション部分1aと、バス103bに接続された第2の端末ステーション部分1bとにより構成される端末ステーション101mの形式のものである。各端末ステーション部分1a、1bは、プロセッサを欠く以外、第1、第3、第4、第5および第6の実施例の任意のもののそれと同じであり、両部分を制御するための単一のプロセッサ18が設けられる。

【0150】また、各端末ステーションは、1つの交差接続スイッチ56a、56bを有する。両スイッチは、対応するプロセッサ18により制御される。スイッチ56aは、第1の端末ステーション部分1aの出力をバス103aまたはバス103bのいずれかに導き、スイッチ56bは、第2の端末ステーション部分1bのマルチプレクス光出力を第2のバス103bまたは103aへ導く。通常、プロセッサ18は両スイッチ56a、56bを開放状態にしており、これによって、第1の端末部分1aの出力が第1のバス103aに接続され第2の端末部分1bの出力が第2のバス103bに接続されるようにしている。

【0151】図19a、図19bにおいて、端末ステーション101(m+1)が故障した場合、端末ステーション101(m+1)においてバス103aをバス103bに接続するためにそのスイッチ56bを作動させるとともに、ノード101(m+2)においてバス103bをバス103aに接続するためにそのスイッチ56aを作動させる。このようにして、故障した端末ステーション101(m+1)が分離され、2つのバスが単一の連続したリング103となり、このリング103に沿って任意ステーションが他のステーションと通信することができるようになる。

【0152】本実施例において、好ましくは、2台のヘッドステーション2a、2bを設ける。その1台のステーション2aは通常アクティブであり、他方は通常非アクティブ（すなわち、バス103a、103bにおいて透過リンクとして機能する）である。第1のヘッドステーション2a内の光源に故障が生じた場合、第2のステーション2bがアクティブになるように2台のヘッドステーションの役割は逆転する。

【0153】第1のヘッドステーション2aのスイッチ51a、51bに影響する故障により当該ステーションの通過が遮断されるような場合、隣の端末ステーション101a、101zのスイッチ56a、56bが図19a、図19bで説明したように作動して、故障ヘッドステーション2aを分離することができる。その後、システムは、単一のリングにおいて残りのヘッドステーション2bを用いて動作を継続することができる。

【0154】本実施例では、端末ステーション101は、例えばシグナリング波長 λ_0 上に、ステーション故障を示す情報を送信するよう構成されている。

【0155】本実施例における、リング1周の信号の伝播時間は、各タイムスロットTの長さを越える必要がある。

【0156】本実施例の2つの特徴（すなわち、データを透過的に通過させてデータがリングを2回再循環できるようにすること、および、欠陥ステーションを選択的に分離することができる分離スイッチと共に1対のバスを設けること）は、互いに独立に、かつ、他の実施例の

個々の特徴とも独立に利用することができる。また、これらは、WDM通信システム（例えばEP0452895のもの）とともに用いてもよい。

【0157】＜他の変形例および実施例＞以上から、他の多くの変形、置換、および実施例が可能であることが明らかであろう。例えば、上述した以外の他のネットワーク（例えばWO93/21706に開示のようなもの）も可能である。

【0158】前述したシグナリング情報を伝送するのに、別個のシグナリング波長 λ_0 を用いるのではなく、前述したクロムタック論文に記載のようなサブキャリア（例えば、電波周波数等により変調された各データ伝送波長のTDM部分）またはデータ伝送波長のTDM部分を用いることもできる。

【0159】1つのタイムスロット内のシグナリング情報を次のタイムスロットの内容を示すために送信するのではなく、当該1つのタイムスロット内のシグナリング情報により次の次の（すなわち2つ後の）タイムスロットまたはさらに後続のタイムスロットの内容を示すこともできる。同じく、上記クロムタック論文に記載のように各端末ステーション1内に1タイムスロット遅延線を挿入して、シグナリング情報をそれに関連するデータ伝送情報と同時に送信し、前記シグナリング情報を遅延のかかる前に抽出するようにすることもできる。

【0160】各ヘッドステーションに複数の光源6-0~6-kを設けるのではなく、EP0452895に記載のように単一のレーザ部品を用いて複数の異なる波長を生成する構成を採用することも可能である。

【0161】前述のようにデータ伝送波長の受動変調を用いることが好ましいが、端末ステーションにおいてデータ送信光源を用いて再送信を制御する方法の使用の可能性を排除するものではない。

【0162】以上において、特に断らない限り、各実施例の各特徴は当業者に自明の方法で他の各実施例の特徴と組み合わせてもよい。

【0163】本明細書では、“光”および“光学的”という用語は、単に可視光を示すのみならず、実体的に光の法則に従うあらゆる波長を示すよう意図している。

【0164】以上から、本発明は、開示したすべての新規な特徴および部分的組み合わせ（サブコンビネーション）とともに、その自明な異形および変形のすべてを包含するものであることが理解されよう。したがって、本発明の範囲は、上記実施例により限定されるべきでなく、そのあらゆる均等物にまで及ぶべきものであることが理解されよう。

【0165】＜接続性＞本発明に用いる端末ステーションの最大数は、利用可能な異なる光波長の数に限定されるものではない。しかし、光源の個数により影響を受ける。実際、データ伝送波長の数が増加すると、単一のヘッドステーションによりサポートできる端末ステーション

10

20

30

40

50

ョンの最大個数が減少する可能性がある。これは、各波長のトータル光パワーの一部が低減し、その結果として、信号対雑音比も同様に低下するからである。

【0166】種々の部品の損失について妥当な仮定を行いながら具体的な例について考えると、以下のような推定ができる。すなわち、4つの異なるデータ伝送波長($k=4$)を用いると、単一のヘッドステーションにより、1000台の端末ステーションを155メガビット/秒のデータレート(この場合、620メガビット/秒の伝送容量が達成される)でサポートすることができ、端末ステーション数が61台ならば2.5ギガビット/秒のデータレート(この場合、10ギガビット/秒の伝送容量が達成される)でサポートすることができ、さらに端末ステーション数が15台ならば10ギガビット/秒のデータレート(この場合、40ギガビット/秒の伝送容量が達成される)でサポートすることができる。データ伝送波長の個数 k を16個にまで増加させると、サポートされる端末ステーションの台数は、それぞれ、292台、16台、2台にまで減少する。サポートしうる端末ステーションの台数は、各端末ステーションにおける損失、および他の手段を通過する際の損失を低減することにより増加させることができる。

【0167】以上の記載から、本発明では、比較的少数の波長を用いればより多くの台数の端末ステーションをサポートできることが明らかであろう。

【0168】

【発明の効果】本発明によれば、使用する波長の数によりステーションの個数が制限されず、かつ、各ステーションの光送信装置の複雑さが軽減される波長多重通信ネットワークおよびそのステーションを提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】図1は本発明の第1の実施例のバス構成を図解的に示すブロック図である。

【図2】図2aは、第1の実施例によるヘッドステーションの構成要素を図解的に示すブロック図である。図2bは、第1の実施例による端末ステーションの構成要素を図解的に示すブロック図である。

【図3】図3は、第1の実施例において送信に用いられる波長を示す説明図である。

【図4】図4a、図4bは、第1の実施例のシステムの逐次ステージにおける図3に示した各波長の内容を時間軸に沿って示す説明図である。

【図5】図5a、図5bは、第1の実施例のシステムの逐次ステージにおける図3に示した各波長の内容を時間軸に沿って示す説明図である。

【図6】図6a、図6bは、第1の実施例のシステムの

逐次ステージにおける図3に示した各波長の内容を時間軸に沿って示す説明図である。

【図7】図7aは、図2aに対応し、第1の実施例のヘッドステーションの概略構成を示すブロック図である。図7bは、図2bに対応し、第1の実施例の端末ステーションの概略構成を示すブロック図である。

【図8】図8は、本発明の第2の実施例のヘッドステーションの構成を図形的に示すブロック図である。

【図9】図9は、本発明の第3の実施例の端末ステーションの構成を図解的に示すブロック図である。

【図10】図10は、本発明の第4の実施例の端末ステーションの構成を図解的に示すブロック図である。

【図11】図11は、本発明の第5の実施例による端末ステーションの構成を図解的に示すブロック図である。

【図12】図12は、本発明の第6の実施例による端末ステーションの構成を図解的に示すブロック図である。

【図13】図13a及び図13bは、図12の実施例によるネットワークでの逐次のインターバル(区間)における図3の波長の内容を時間軸に沿って示す説明図である。

【図14】図14は、本発明の第7の実施例による2重バスネットワーク構成を示す説明図である。

【図15】図15は、本発明の第8の実施例による2重ループバス構成を示す説明図である。

【図16】図16は、本発明の第9の実施例による単一ループバス構成を示す説明図である。

【図17】図17は、本発明の第10の実施例による端末ステーションを用いて複数の異なる通信ネットワーク間を連結する構成を図解的に示すブロック図である。

【図18】図18は、本発明の第11の実施例による2重バスネットワーク構成を図解的に示すブロック図である。

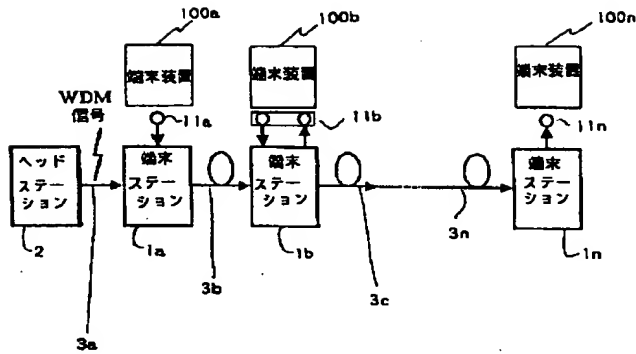
【図19】図19aおよび図19bは、故障端末ステーションを分離する際の第11の実施例の動作を説明するためのブロック図である。

【符号の説明】

1a~1n…端末ステーション、2…ヘッドステーション、4…制御回路、6-1~6-4…レーザダイオード、7…結合デバイス、8…光増幅器、9…光カプラ、10波長安定化回路、13…デマルチプレクサ、14…分散補償ユニット、15…光スイッチ、16…光スイッチ駆動回路、17…受信器、18…プロセッサ、19…送信器(レーザダイオード)、20…光カプラ、21…受信器、22…ゲート回路、23…メモリ、24…ドライバ、25…変調器、26…結合器、48…減衰器、100a~100n…端末装置。

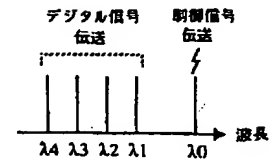
【図1】

図1



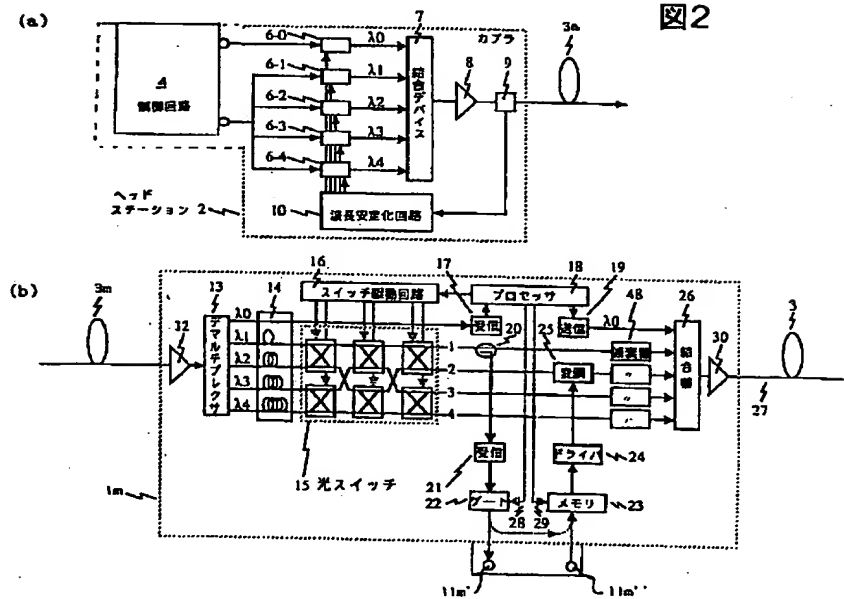
【図3】

図3



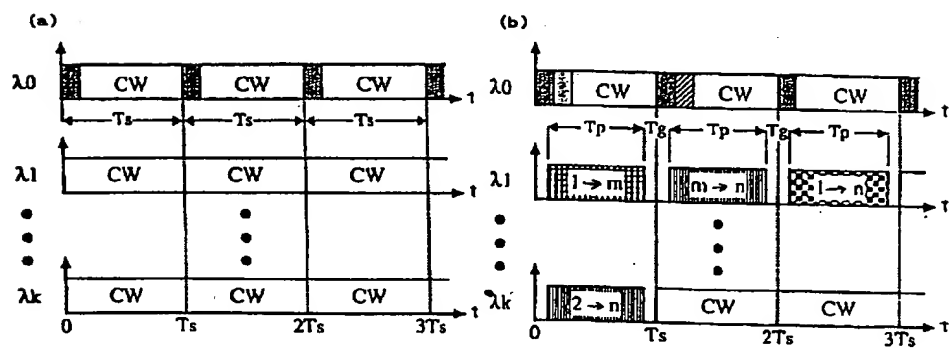
【図2】

図2



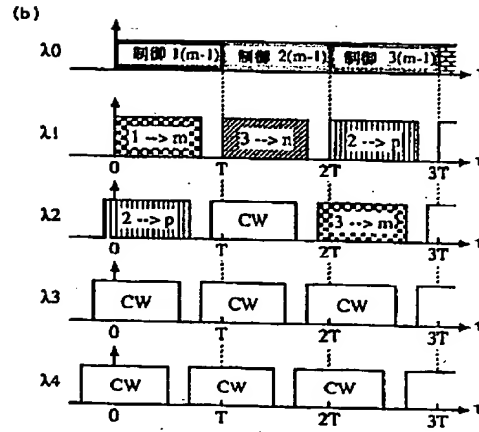
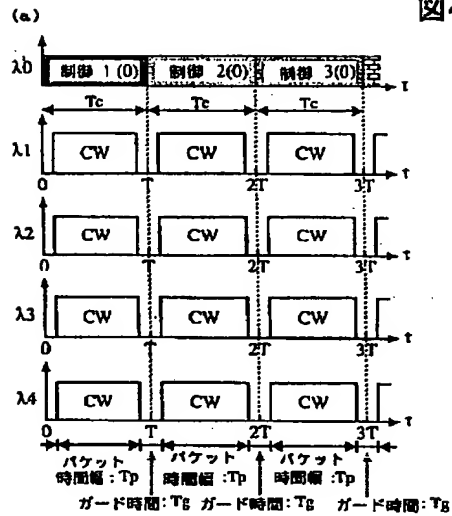
【図13】

図13



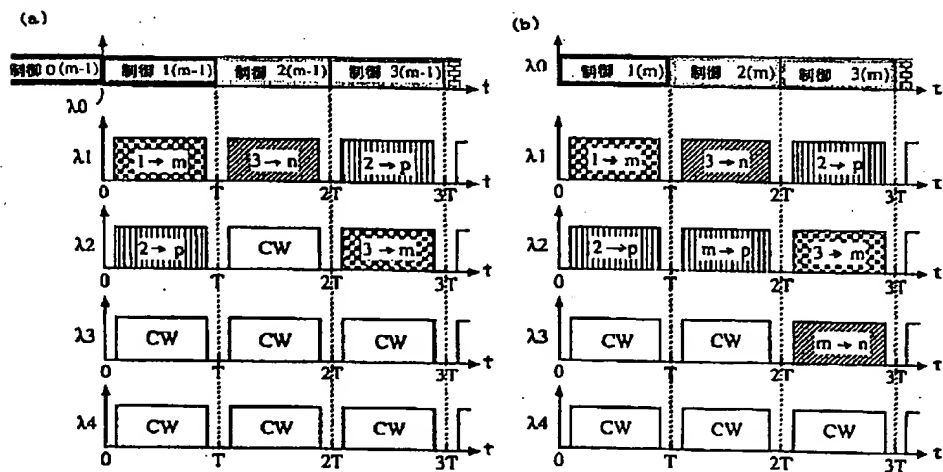
【図 4】

図 4



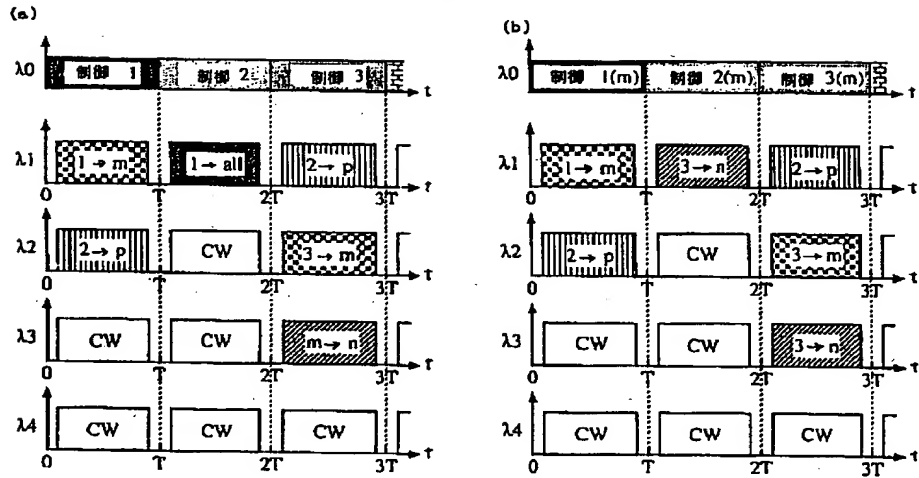
【図 5】

図 5



【図 6】

図 6



【図 7】

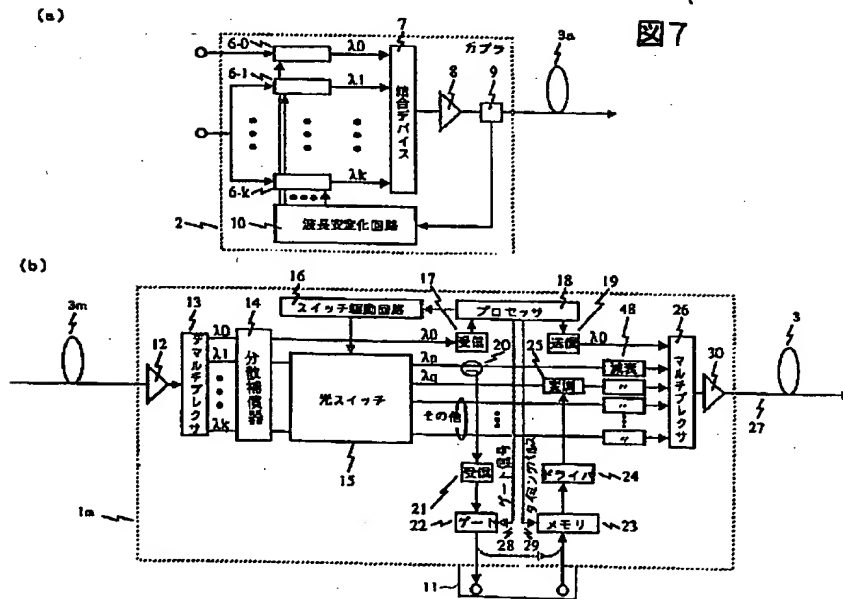


图8

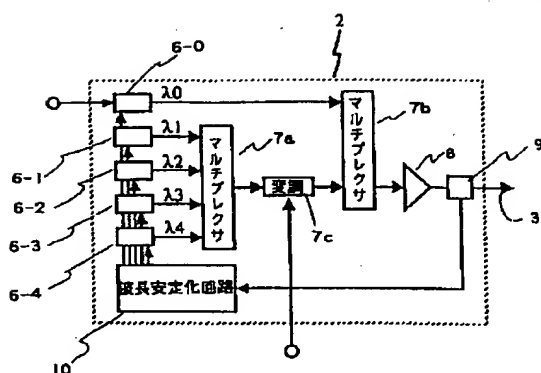
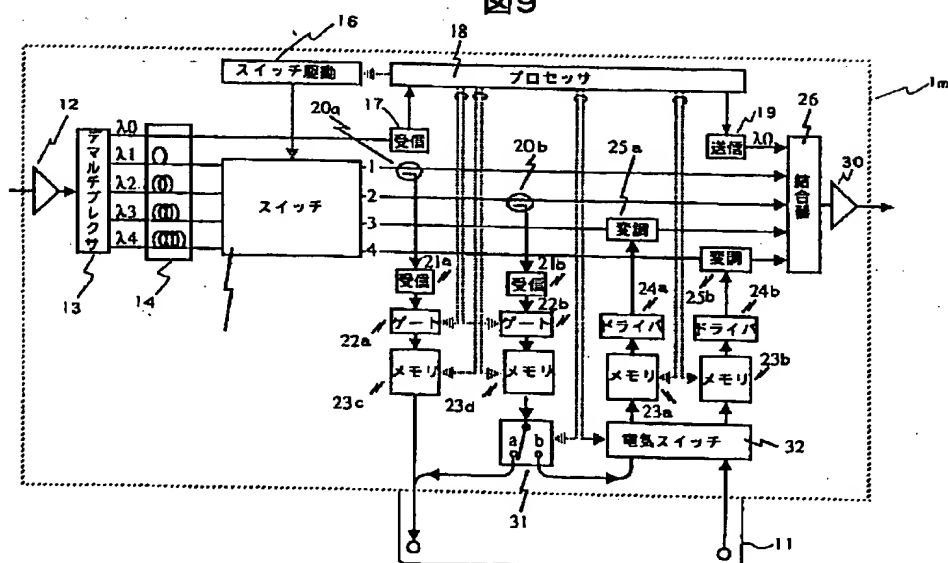


图9



【図 19】

图 19

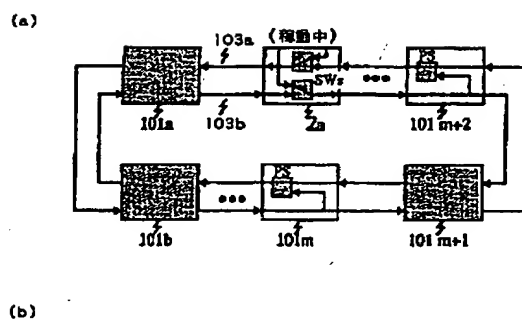


圖 11

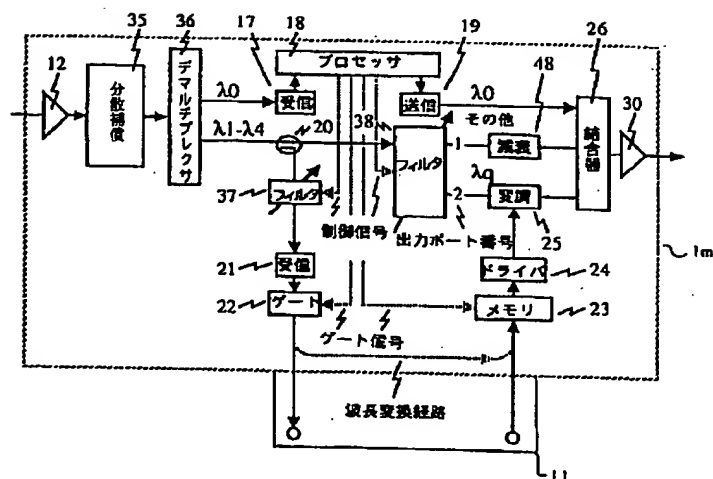


圖 12

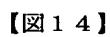
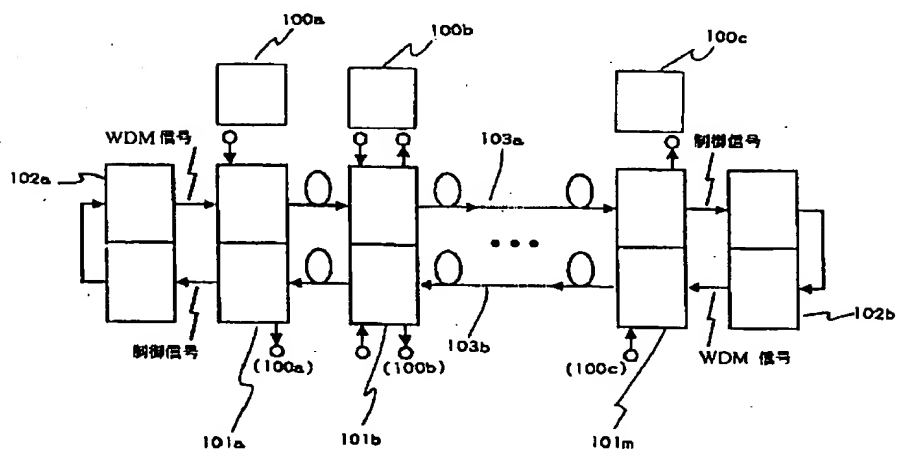
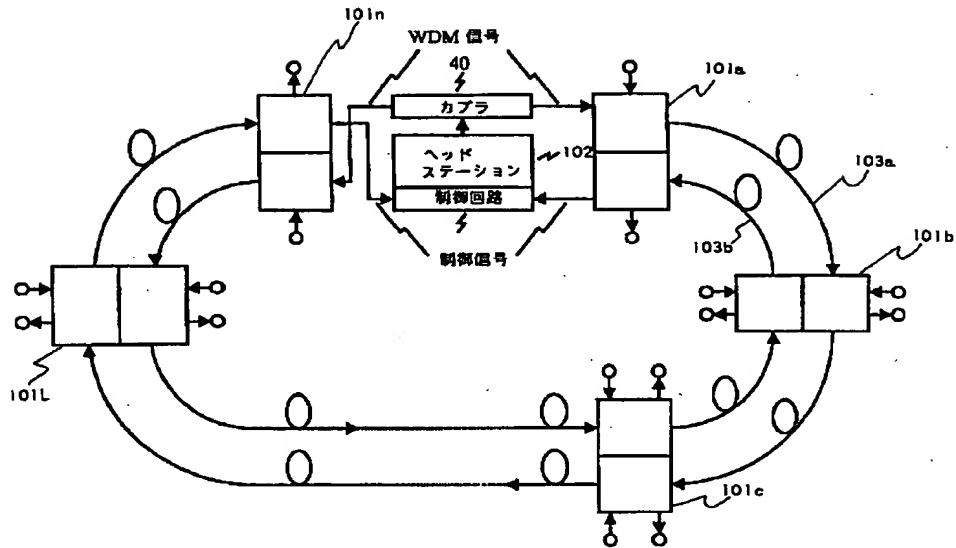


图 14



【図15】

図15



【図16】

図16

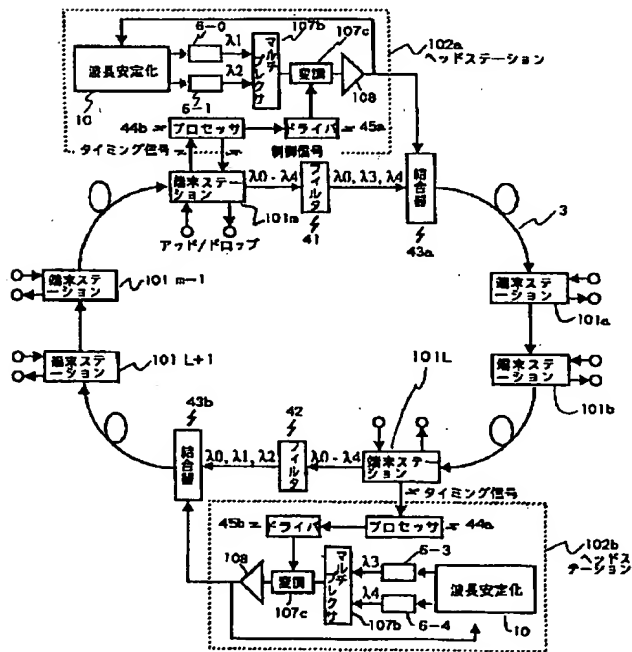


图17

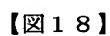
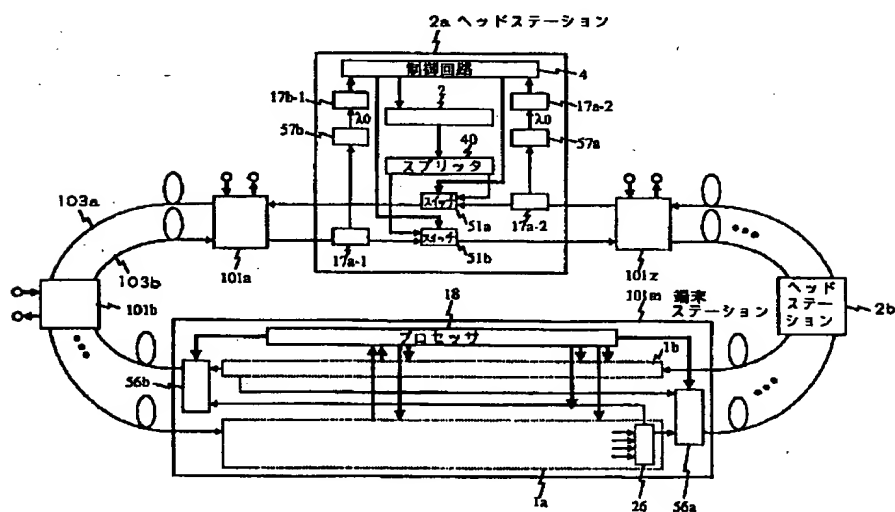


图 18



技術表示箇所

3 2 0

(72)発明者 対馬 英明
東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目280番地
株式会社日立製作所中央研究所内

(72)発明者 ピーター エドワード バーンズリー
イギリス国、サフオーク アイ・ピー 2
8ディー・アール、イプスウィッチ、ハー
ドリー ストリート 2

(72)発明者 アラン マクガイア
イギリス国、サフオーク アイ・ピー 3
0ディー・アール、ハッチェストン、ザ
ストリート 34